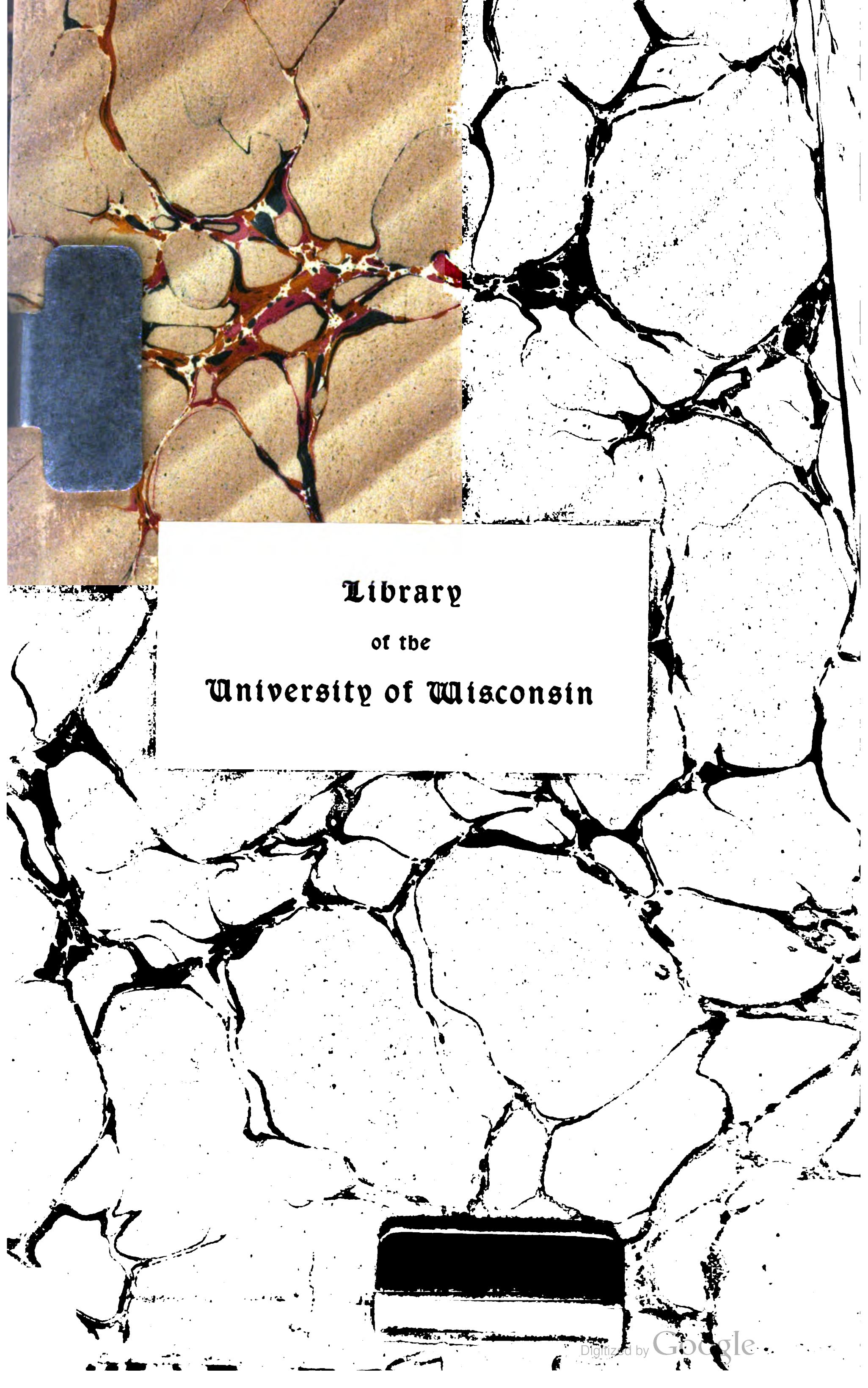
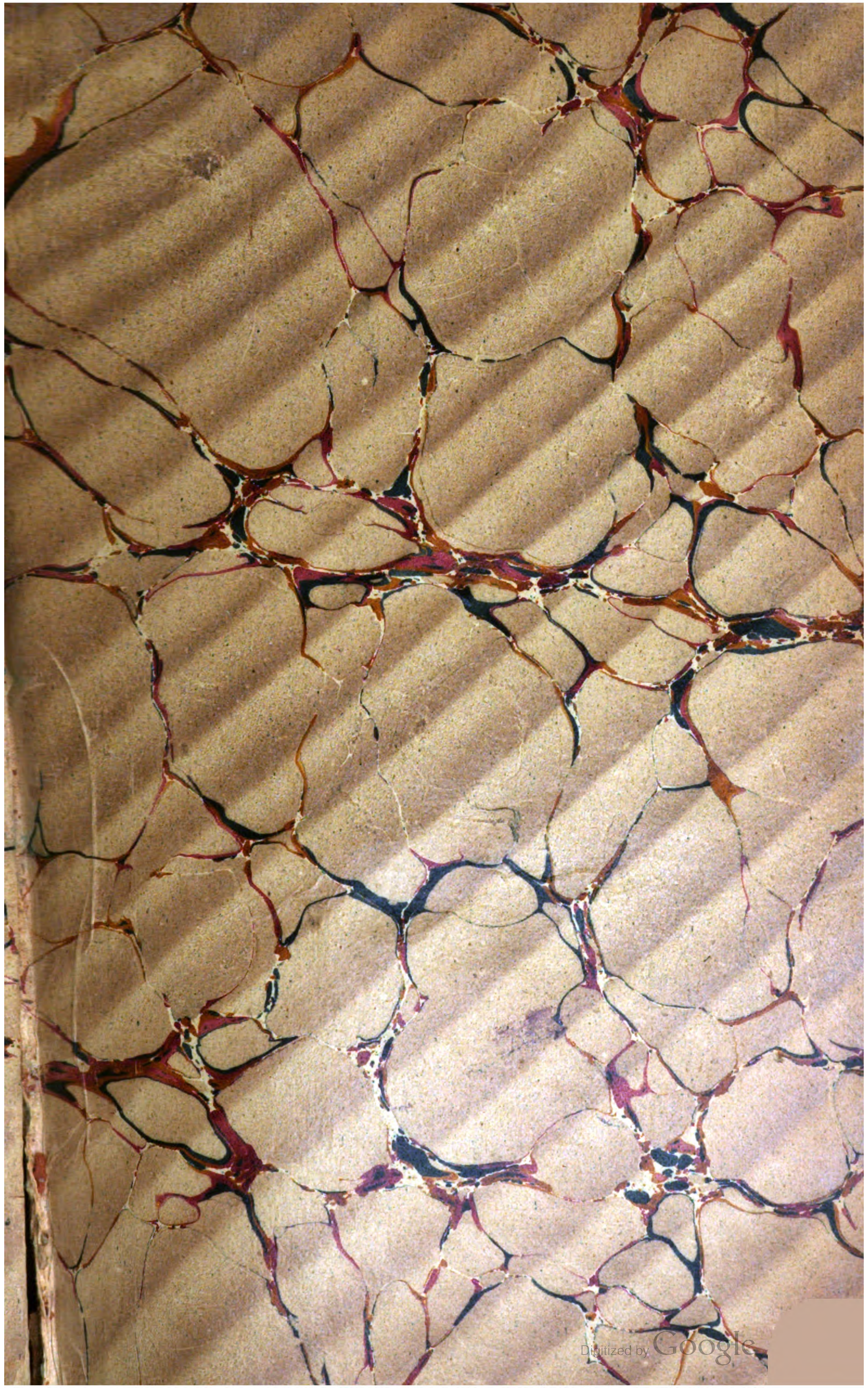



Library
of the
University of Wisconsin
Digitized by Google



IDENTITÉ ET RÉALITÉ

IDENTITÉ

ET

RÉALITÉ

PAR

ÉMILE MEYERSON

PARIS
FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR
LIBRAIRIES FÉLIX ALCAN ET GUILLAUMIN RÉUNIES
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1908

Il faut que les inventeurs de la doctrine atomistique soient tombés de prime abord, ou sur la clef même des phénomènes naturels, ou sur une conception que la constitution de l'esprit humain lui suggère inévitablement.

COURNOT, *Traité de l'enchaînement des idées fondamentales dans les sciences et dans l'histoire*. Paris, 1861, p. 245.

Nous ne connaissons en toute lumière qu'une seule loi, c'est celle de la constance et de l'uniformité. C'est à cette idée simple que nous cherchons à réduire toutes les autres et c'est uniquement en cette réduction que consiste pour nous la science.

POINSOT, *Eléments de Statique*, Paris, 1861, p. 239.

Plus j'ai apporté d'attention à l'étude des phénomènes, plus j'ai constaté d'uniformité et d'accord dans l'action des processus psychiques...

HELMHOLTZ, *Optique physiologique*, traduction JAVAL et KLEIN, Paris, 1867, p. 1.001.

AVANT-PROPOS

Le présent ouvrage appartient, par sa méthode, au domaine de la philosophie des sciences ou *épistémologie*, suivant un terme suffisamment approprié et qui tend à devenir courant. Cependant nous avons été guidé, dans nos recherches, par certaines conceptions préconçues et étrangères à ce domaine.

La plus importante est celle qui se trouve contenue dans la phrase de Helmholtz que nous avons placée en tête de notre travail. Le contexte précise ce que ce passage pourrait, à première vue, paraître contenir de général et d'indéterminé. Le grand physicien a voulu dire que les processus psychiques inconscients qui accompagnent indissolublement la perception visuelle sont identiques à ceux de la pensée consciente. Tous ceux qui ont parcouru l'*Optique physiologique* savent que ce n'est pas là une remarque faite en passant, mais une des idées fondamentales de cette œuvre admirable. Il nous a paru que l'on pouvait étendre considérablement l'application de ce principe, que non seulement la vision, mais la perception du monde extérieur en général, devait mettre en œuvre des processus dont la nature se révélerait, au moins en partie, si l'on scrutait ceux à l'aide desquels la pensée consciente transforme cette image. En d'autres termes, nous croyons que pour résoudre des problèmes concernant le sens commun, la voie la meilleure consiste à examiner les méthodes suivies par la science. En agissant ainsi, on semble aller à l'encontre de

cette règle primordiale qui ordonne de procéder du simple au complexe ; mais c'est que le simple, ici, ne l'est pas en réalité. Berkeley l'a fait ressortir avant Helmholtz, le processus de la perception visuelle, pour rester dans l'exemple choisi, contient quantité de raisonnements condensés fort difficiles à suivre. Nous avons donc infiniment plus de chances, à supposer que le processus soit le même, d'en démêler la marche à propos d'un phénomène en apparence plus compliqué, mais où les diverses étapes se différencieront.

En outre, la règle que nous avons citée est dominée par cette autre, plus importante, qui ordonne de procéder du connu à l'inconnu. Or, qui dit inconscient, dit inconnu et même par essence inconnaissable directement.

Ce n'est pas, cependant, que sous ce rapport le raisonnement que nous avons l'habitude de qualifier de conscient offre à notre esprit toute la clarté désirable. Notre raison est compétente pour scruter toutes choses hormis elle-même. Quand je raisonne, je suis en réalité impuissant à observer l'action de ma raison. Est-ce bien par telle voie que j'ai atteint telle déduction ? Dès que je me pose cette question, le doute me prend, doute que je ne peux résoudre qu'en refaisant, de mon mieux, méthodiquement, le raisonnement en question, de manière que toutes ses phases, subconscientes alors que je raisonnais pour arriver au but le plus rapidement possible, parviennent à ma connaissance. C'est ainsi, il est aisé de s'en rendre compte, que l'on procède par exemple dans la logique. Ce procédé n'est pas toujours exempt de dangers. Le raisonnement fait exprès nous montre bien *une voie* par laquelle nous pourrions parvenir à la conclusion ; mais est-ce bien *la voie* que nous avions suivie ? Il est certain que nous ne pouvons le reconnaître directement, puisque les étapes intermédiaires n'étaient pas parvenues à notre connaissance. Dès lors, nous essaierons de moyens indirects, nous nous dirons par exemple que *si* nous avions raisonné de telle manière, telle autre conséquence s'en serait suivie, conséquence que nous pourrons

vérifier. Mais ces investigations, directes ou indirectes, peuvent facilement nous égarer. Il ne faut pas oublier, en effet, que la recherche est toujours dominée par des idées préconçues, des hypothèses ; contrairement à ce que croyait Bacon, celles-ci sont indispensables pour guider notre marche. D'ailleurs, nous n'en sommes jamais complètement exempts ; si nous croyons l'être, cela prouve simplement qu'elles sont restées subconscientes. A supposer que, par impossible, nous n'ayons réellement aucune opinion au début de nos recherches sur un sujet donné, celle-ci naîtra spontanément dès nos premiers pas dans le nouveau domaine, et naîtra sous l'influence de dispositions d'esprit cachées à nous-mêmes et d'un savoir peut-être très étranger, en apparence, au domaine en question. Or, l'hypothèse une fois née influencera notre travail ultérieur tout entier. Quand nous *referons* un raisonnement, nous essaierons inconsciemment de le plier à l'idée que nous avons conçue et, vu les ressources multiples de notre raison, il se peut que celle-ci se montre plastique, qu'elle cède à la pression que, sans le vouloir, nous exerçons sur elle — ce qui évidemment faussera nos résultats. Nous éviterons, du moins en partie, ce danger, en nous adressant, non pas à notre propre pensée, expressément évoquée pour l'occasion, mais à la pensée d'autrui, exempte de plasticité, parce que fixée dans des écrits. La science nous offre un précis de ces pensées. Mais la science actuelle ne nous suffit pas. En effet, ce que nous recherchons, c'est moins le résultat que la méthode, la voie par laquelle on y est parvenu. Or, le savant, sur ce point, ne diffère pas de l'homme ordinaire. Il ne se perçoit pas raisonnant. Il ne connaît donc pas directement la voie par laquelle il est parvenu à telle ou telle conclusion ; les motifs qui la lui ont fait adopter peuvent être très différents de ceux qu'il suppose lui-même. C'est pourquoi il convient de contrôler ses assertions en s'adressant non pas à la pensée individuelle, mais à la pensée collective, en recherchant la genèse des conceptions dans l'histoire, leur évolution. Donc, finalement, et si

détournée que puisse paraître cette voie, c'est à l'aide de l'histoire des sciences que nous chercherons la solution de problèmes concernant le sens commun. C'est un procédé qui a quelque analogie avec celui préconisé par Auguste Comte, et bien que nous ne songions pas à nier comme ce dernier la possibilité de toute psychologie introspective et que, comme on le verra dans la suite, les résultats auxquels nous parvenons soient très différents de ceux exposés par le fondateur du positivisme, nous croyons que son mérite a été grand de proclamer la fertilité de la méthode *a posteriori* pour la découverte des lois qui régissent l'esprit humain.

Bien entendu, nous ne prétendons pas que le procédé soit infaillible. Le principe sur lequel il repose, l'identité de la marche de la pensée consciente et de la pensée inconsciente n'est aucunement évident en soi et nous n'avons pas la prétention de le démontrer *a priori*. Ce n'est qu'un principe *heuristique*, une *hypothèse de travail* que, nous l'espérons, les résultats de ce livre tendront à confirmer dans une grande mesure. Nous réclamons moins encore le mérite d'avoir inventé le procédé. Il serait facile de montrer qu'il a été, plus ou moins consciemment, souvent appliqué par les chercheurs, du moins d'une manière sporadique. En un certain sens, en effet, on peut le prétendre unique et inévitable. Quoi que nous fassions, c'est toujours avec notre raison que nous raisonnons. Nous ne connaissons pas et ne pouvons connaître d'autre voie pour établir un lien entre des concepts, en dehors de celle suivie par notre raison, terme qui ici ne peut signifier que *raison consciente*. Même quand nous croyons nous en écarter le plus, c'est toujours à l'aide de bribes de raisonnements conscients que nous tâchons d'en créer un autre qui soit différent.

*
* *

L'histoire des sciences à laquelle nous faisons appel est surtout celle des idées directrices de la science.

Tous ceux qui connaissent un peu ce domaine savent combien il y reste à faire. Dans la mesure de nos moyens, nous avons nous-même cherché à suppléer à certaines lacunes trop sensibles, en recourant directement aux sources; nous nous en sommes dispensé chaque fois que cela ne nous paraissait pas nécessaire, la matière ayant été suffisamment élucidée avant nous. Nous ne nous faisons, d'ailleurs, aucune illusion sur l'insuffisance de nos informations relativement à certaines questions très importantes.

La recherche historique étant pour nous non pas un but, mais un moyen, il se trouve que la genèse des conceptions n'est pas toujours exposée conformément à l'ordre chronologique et que des considérations relatives à la même science, voire à la même phase d'évolution d'une science particulière, sont dispersées dans différents chapitres; c'est ainsi que l'évolution de la chimie au XVIIIe siècle avant Lavoisier et la genèse de la notion moderne de l'élément chimique sont traitées au chap. VII, p. 214 ss. et au chap. X, p. 305 ss. Nous n'avons pas cru pouvoir éviter ces inconvénients. C'est au lecteur de juger si les résultats de notre travail compensent le surcroît de fatigue que ce procédé lui impose.

Nous nous excusons également de la multiplicité des citations et des renvois. Il eût été fort difficile de se dispenser des premières, puisque la méthode adoptée par nous consiste précisément à former des déductions en nous basant sur les procédés de raisonnement des savants; et d'autre part, le sens d'un texte n'étant, au fond, fixé que par le contexte, nous avons cru devoir faciliter le contrôle au lecteur, en lui permettant de recourir chaque fois au livre d'où la citation est puisée. D'ailleurs, le plus grand mérite d'un travail de ce genre n'est-il pas de préparer les voies à des recherches ultérieures?

Nous avons fait notre possible pour citer nos prédécesseurs. Nous avons certainement commis des omissions et nous nous en excusons d'avance. Nul chercheur, surtout à l'heure présente

où le mouvement des esprits est si intense et dans un domaine qui touche à tant d'ordres de pensée divers, ne sait exactement ce qu'il doit à la pensée d'autrui. Mais nous tenons particulièrement à faire ressortir l'influence qu'ont exercée sur notre pensée, parmi les maîtres vivants, MM. Boutroux et Bergson, Poincaré et Duhem. Cette influence ne se limite pas aux passages où leurs noms sont cités.

*
* *

Voici, résumée aussi brièvement que possible, la marche générale de notre travail. Nous commençons par rechercher s'il est exact, comme l'affirment Comte et, après lui, M. Mach, que la science entière ne soit édifiée que dans un but d'action et de prévision. Nous établissons que le principe qu'on met ainsi en jeu, le principe de *légalité*, ne suffit pas, que la science cherche également à *expliquer* les phénomènes et que cette explication consiste dans l'identification de l'antécédent et du conséquent (Chap. Ier). C'est de ce second principe, le principe de *causalité scientifique*, que dérivent les théories atomiques (Chap. II). Il intervient également dans la partie légale de la science, en créant les principes de conservation (Chap. III, IV et V) et en poussant à l'élimination du temps (Chap. VI). Une extension de ce même principe crée le concept de l'unité de la matière, qui conduit à l'assimilation entre celle-ci et l'espace et, par là, à l'annihilation du monde extérieur (Chap. VII). Ces conclusions ne sont pas un résultat de la science, elles dérivent des éléments aprioriques que celle-ci recèle; la science réagit et cette réaction s'exprime par le principe de Carnot (Chap. VIII). Après avoir déterminé avec plus de précision les limites de l'explication causale, à laquelle s'oppose le concept de l'irrationnel (Chap. IX), nous démontrons que les théories non mécaniques dérivent également du principe de causalité (Chap. X). Nous établissons alors que le monde du sens commun est créé par un procédé strictement analogue

à celui qui produit les théories scientifiques (Chap. XI). Nous terminons par quelques conclusions relatives à la philosophie des sciences et au cours desquelles nous examinons de nouveau, à l'aide des résultats acquis, le problème des rapports entre les deux principes de légalité et de causalité (Chap. XII).

Juin 1907.

IDENTITÉ ET RÉALITÉ

CHAPITRE PREMIER

LA LOI ET LA CAUSE

Un phénomène a frappé notre attention. Au premier abord il nous a paru énigmatique. Nous l'avons étudié et nous nous l'expliquons maintenant. Nous en connaissons la cause.

Que signifient au juste ces termes? Qu'est-ce qu'une explication scientifique ? Qu'est-ce que la cause que nous avons cherchée ?

A cette question, une réponse précise a été donnée, il y a près de deux siècles, par Berkeley[1] : « Une fois les lois de la nature découvertes, dit le célèbre philosophe idéaliste, il faut qu'ensuite le philosophe montre que de l'observation constante de ces lois, c'est-à-dire de ces principes, un phénomène quelconque découle nécessairement : c'est là expliquer et résoudre des phénomènes et indiquer la cause, c'est-à-dire la raison pour laquelle ils se produisent. » On voit par le contexte que Berkeley concevait les lois et principes dont il est question dans ce passage comme expérimentaux (*experimentis comprobatæ*).

Ainsi donc, la cause d'un phénomène c'est la loi, la règle empirique qui régit toute la classe des phénomènes analogues. Cette règle nous indique que tel ensemble de phénomènes entraîne tel autre ensemble. Comme nous ne pouvons observer que dans le temps, successivement, la loi empirique revient en réalité à une loi de succession des phénomènes. Et dès lors cette formule de Berkeley équivaut à celle énoncée

1. Berkeley. *De motu, Works*, éd. Fraser, Oxford, 1871, vol. III, § 37.

un peu plus tard par Hume ; à savoir que le concept de cause, la causalité, se réduit à la succession[1].

La formule de Berkeley a été bien souvent reprise plus tard. Une pierre tend à tomber, nous dit Taine, « parce que » tous les objets tendent à tomber[2]. Helmholtz écrit : « Le principe de causalité n'est autre chose que la supposition que tous les phénomènes de la nature sont soumis à la loi[3] ». Hannequin déclare de même que « chercher la cause d'un fait, pour un physicien, c'est en chercher la loi[4] », et M. Ostwald énonce comme formule du principe de causalité : « si l'on établit les mêmes conditions, le phénomène se déroulera de même manière[5] » énoncé qui, on le voit, se rapproche des conceptions de Hume.

Il y a là une assimilation complète entre les deux concepts de *cause* et de *loi*, le second absorbant entièrement le premier. Mais la tendance contraire a également existé, c'est-à-dire qu'on a tenté d'englober la *loi* dans la *cause*. Ainsi Lucrèce après avoir énoncé ce qui est, nous le verrons plus tard, une des formes du principe de causalité, déclare que, si on ne l'admet point, on est forcé de renoncer à établir une régularité quelconque dans la nature. « Les mêmes fruits ne naîtraient pas toujours des mêmes arbres, mais ils varieraient sans cesse, tous les arbres porteraient tous les fruits[6] », et dix-huit siècles plus tard, Jean Bernoulli s'exprime d'une manière identique en déclarant que si nous rejetons le principe de causalité, « toute la Nature seroit tombée dans le désordre[7] ».

Il semble que cette assimilation ne pourrait s'expliquer que s'il y avait une réelle identité logique entre les deux concepts de loi et de cause, si les deux termes étaient synonymes.

1. Hume. *Essai philosophique sur l'entendement humain*, trad. Renouvier et Pillon. Paris, 1878, p. 470-471.

2. Taine. *De l'intelligence*. Paris, 1869, p. 403-404.

3. Helmholtz. *Ueber die Erhaltung der Kraft* (*Wissenschaftliche Abhandlungen*. Leipzig. 1882), p. 68 : « Ich habe mir erst spaeter klargemacht, dass das Prinzip der Causalitæt nichts anderes sei als die Voraussetzung der Gesetzlichkeit aller Naturerscheinungen. »

4. Hannequin. *Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine*. Paris, 1895, p. 8.

5. Ostwald. *Vorlesungen ueber Naturphilosophie*. Leipzig, 1902, p. 302.

6. Lucrèce. *De natura rerum*. Livre Ier, vers 150 ss.

7. Jean Bernoulli. *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, *Œuvres*, Lausanne et Genève, 1742, vol. III, p. 58.

Tout le monde sait qu'il n'en n'est pas ainsi. Il importe cependant d'éclaircir davantage cette question.

Reprenons la formule de Helmholtz en la considérant pour ce qu'elle est en réalité, c'est-à-dire comme l'expression du principe non pas de causalité, mais de *légalité*. Ce dernier terme n'est pas usité dans le sens que nous lui donnons, nous le croyons cependant clair : il signifie la domination de la loi. Cela nous permettra de traduire avec plus d'exactitude la fin de la phrase de Helmholtz que nous avons citée plus haut et où ce dernier stipule littéralement « la supposition de la légalité (*Gesetzlichkeit*) de tous les phénomènes de la nature[1] ».

Comment arrivons-nous à formuler des lois ? Par l'observation et la généralisation des phénomènes. La faculté généralisatrice de l'esprit humain a, de tout temps, beaucoup occupé les philosophes ; mais c'est un chapitre de la logique que nous entendons ici laisser complètement de côté. Nous considérerons comme donné que l'esprit humain possède la faculté de former à l'aide de la perception de divers individus le concept *homme*, de même qu'à l'aide de la perception de différents morceaux d'une matière jaune, inflammable, etc., il formera le concept *soufre*. Le principe de la légalité de la nature postule évidemment la formation de ces concepts, car les phénomènes étant infiniment divers, nous ne pourrions formuler des règles et d'ailleurs, une fois formulées, elles ne nous serviraient de rien, sans la faculté de généralisation.

Helmholtz, nous venons de le voir, qualifie la légalité de

1. Il serait sans doute fastidieux pour le lecteur de développer à cette place en quoi notre formule se rapproche de celles données par des chercheurs qui nous ont précédé, et en quoi elle en diffère. Mentionnons cependant que ce que nous appelons *légalité*, d'un terme que nous empruntons à Helmholtz, mais dont ce dernier a mal défini la portée, correspond à peu près à ce que Kroman (*Unsere Naturerkenntniss*, trad. Fischer Benzon, Copenhague 1883) désigne comme *causalité*, de même que notre concept de *causalité scientifique* se rapproche de celui d'*identité* du même auteur. Cependant Kroman semble quelquefois méconnaître les véritables limites du premier de ces deux concepts (cf. par exemple p. 204 où il le confond, tout comme Helmholtz, avec le postulat de compréhensibilité, p. 211 ss, où il voudrait en déduire l'existence du noumène). — Les concepts de *causalité empirique* et de *causalité rationnelle* formulés par M. Kozlowski (*Revue philosophique*, 1905, p. 250) s'écartent davantage de ceux définis par nous, puisque cet auteur, d'une part, se sert du terme *rationnel* pour désigner ce qui est simplement conforme à la règle, c'est-à-dire d'après notre terminologie *légal*, (cf. *Psychologiczne zrodla*, Varsovie, 1899, p. 11, *Revue philosophique*, oct. 1906, p. 407) et que, d'autre part, le concept de causalité implique chez lui celui de devenir irréversible (*Przeglad filozoficzny*, 1906 p. 200, 204).

« supposition » ; mais, à certains égards, elle est bien plus que cela, elle est une véritable conviction, peut-être la plus forte d'entre celles que nous sommes susceptibles de nourrir. En effet, tous nos actes conscients sont des actes intentionnels, c'est-à-dire entrepris en vue d'une fin que nous prévoyons ; or, cette prévision serait entièrement impossible, si nous n'avions la conviction absolue que la nature est ordonnée, que tels antécédents déterminent, et détermineront toujours, tels conséquents. C'est ce que Aug. Comte a résumé en ces termes : « Science d'où prévoyance, prévoyance d'où action[1]. »

On a prétendu quelquefois que cette conviction était uniquement fondée sur l'expérience. Mais cela paraît malaisé à concevoir. Sans doute, au point de vue abstrait, on peut complètement séparer l'observation de l'action, construire un type d'observation d'où tout élément d'action serait absent. Mais quand on pense au fonctionnement de nos organes de sensation, aux actes élémentaires intentionnels ou semi-intentionnels qu'il suppose, tels que de tourner les yeux ou de déplacer les mains, on se prend à douter que cette séparation soit possible dans la réalité, ni surtout que la période d'action soit ou ait jamais été précédée dans la nature d'une période d'observation, destinée à asseoir la conviction que l'ordre y règne. Il est certain, en effet, que l'homme primitif, si proche de l'animal qu'on se le figure, devait être pénétré de cette conviction, puisqu'il a agi ; et l'animal même agit, ce qui, à moins de supposer, comme Descartes, qu'il soit une simple machine ou qu'il fasse toute chose poussé par l'instinct seul, implique que son intelligence, sur ce point, ne diffère pas radicalement de la nôtre. Le chien à qui je jette un morceau de viande sait le happer au vol : c'est qu'il connaît d'avance la trajectoire que ce corps décrira en tombant ; elle lui apparaît sans doute, non moins qu'à nous, comme une manière de se comporter, propre à l'objet lancé dans certaines circonstances, c'est-à-dire comme une *loi*. Gœthe l'a dit : « Au commencement était l'action[2]. »

Seulement, les facultés de généralisation et d'investigation du chien sont extrêmement limitées. C'est pourquoi il ne sait prévoir qu'un nombre très restreint de phénomènes. L'homme primitif lui était déjà immensément supérieur. Ses prévisions, il est vrai, fondées sur la conviction de la légalité, ne s'appli-

1. Comte. *Cours de philosophie positive*, 4e éd., Paris, vol. Ier, 1877, p. 51.
2. Gœthe. *Faust*. 1 Theil. Studirzimmer.

quaient qu'à une partie de la nature; un grand nombre de phénomènes lui apparaissaient comme échappant à la règle, étant dus au libre arbitre de puissances invisibles. Mais, si générale que l'on suppose cette conception, elle n'a sans doute jamais embrassé que la moindre partie des phénomènes ordinaires de la vie, la très grande majorité de ces derniers ayant toujours été conçus comme purement légaux : Adam Smith a fait remarquer qu'il n'y a jamais eu, chez aucun peuple de la terre, un dieu de la pesanteur[1].

Le progrès de la science a eu naturellement pour conséquence de restreindre de plus en plus le domaine du merveilleux. La science, comme l'a dit si bien M. H. Poincaré, est « une règle d'action qui réussit[2] » ; et là où nos ancêtres ne voyaient que miracles échappant à toute prévision, nous distinguons de plus en plus l'action de lois rigoureuses. Cependant, et si marqué que soit le progrès en question, suffit-il pour expliquer la conviction de la légalité, même chez l'homme moderne ? Le nombre des phénomènes dont nous connaissons les règles est nécessairement infime comparé à celui de la nature entière, le premier étant limité et le second infini ; toute conclusion générale partant des phénomènes connus et embrassant la nature entière paraît donc, au point de vue logique, caduque. C'est là, sans doute, ce qui explique que des philosophes, préoccupés de ce point de vue seul, aient paru quelquefois douter de la domination absolue de la légalité dans la nature. L'exemple le plus frappant est celui d'Auguste Comte. Comte croyait que « les lois naturelles, véritable objet de nos recherches, ne sauraient demeurer rigoureusement compatibles, en aucun cas, avec une investigation trop détaillée[3] ». Il s'agit pour lui, on le voit, non pas de telle ou telle loi, qu'il vaudrait mieux, tout en la sachant seulement approchée, maintenir provisoirement faute d'une loi meilleure, mais de *la loi*, c'est-à-dire de la légalité de la nature en général. Comte ne croit pas qu'au-dessous de cette loi il puisse y en avoir une meilleure, peut-être plus compliquée, mais s'adaptant plus étroitement aux phénomènes; il est convaincu

1. Comte, on le sait, s'est beaucoup servi de cet exemple qui est, en effet, admirablement choisi. Cf. Lévy-Bruhl. *La philosophie d'Auguste Comte*, 2e éd., Paris 1905, p. 49.

2. Poincaré. *La valeur objective de la science*. Revue de Métaphysique, vol. X, 1902, p. 265.

3. Comte, *loc. cit.*, vol. VI, p. 637-638.

qu'une investigation trop détaillée nous amènerait à connaître des phénomènes échappant à toute loi, à toute règle. Aussi proscrit-il sévèrement toutes recherches de ce genre ; accumulant des termes de réprobation, il déclare « incohérents ou stériles », procédant d'une « curiosité toujours vaine et gravement perturbatrice », d'une « puérile curiosité stimulée par une vaine ambition » les travaux où l'on se sert d'instruments de mesure trop précis ; il proteste hautement contre « l'abus des recherches microscopiques et le crédit exagéré qu'on accorde trop souvent encore à un moyen d'investigation aussi équivoque », et n'hésite pas à invoquer, contre « l'active désorganisation » dont le système de connaissances positives lui paraît menacé par suite de ces tentatives, le bras séculier du « véritable régime spéculatif » de l'avenir[1].

Nous verrons plus tard quelle a été, chez Comte, la source de ces opinions. Pour bien saisir à quel point elles sont étrangères aux principes qui guident réellement la marche de la science, ce n'est peut-être pas assez d'établir, comme on l'a fait avec beaucoup de justesse, que celle-ci a suivi depuis, dans cet ordre d'idées, une direction diamétralement opposée à celle qu'indiquait le fondateur du positivisme; qu'elle a recherché et recherche encore, inlassablement, des phénomènes de plus en plus menus, des mesures de plus en plus précises, que son souci constant a été de perfectionner ses

1. Cf. aussi *ib.*, vol., III, p. 369, vol. VI, p. 596. Les recherches qui paraissaient particulièrement condamnables à Comte étaient celles des biologistes qui ont abouti à reconnaître l'importance de la cellule (Comte la qualifie, avec mépris, de « véritable monade organique ») et celles de Regnault sur les anomalies de la loi de Mariotte.

M. Lévy-Bruhl (*l. c.*, p. 111) croit que Comte concevait néanmoins ces phénomènes comme soumis à des lois, mais qu'il supposait ces lois accessibles seulement à des esprits plus puissants que le nôtre. On trouve en effet des passages qui semblent admettre cette interprétation (Cf. par exemple *Cours*, vol. VI, p. 640). De toute façon, comme Comte posait une limite, non pas temporaire, mais permanente, découlant de la nature même de l'esprit humain, cette conception revient à celle que nous exposons dans le texte. La loi étant certainement une construction subjective, dire qu'elle existe mais nous demeurera éternellement inaccessible équivaut à en nier l'existence.

Plus tard Comte, instruit par les découvertes de Schwann, est arrivé à une appréciation plus juste des travaux sur la cellule (*Politique positive*, vol. I, p. 649). Par contre, il est curieux de constater qu'en 1878 encore, c'est-à-dire à une époque où l'utilité des recherches de Regnault était depuis longtemps évidente, P. Laffitte, ce disciple autorisé de Comte, a renouvelé les anathèmes de son maître, en qualifiant Regnault de « factieux académique » (*Revue occidentale*, t. Ier, 1878, p. 288).

moyens d'investigation, et, entre autres, le thermomètre et le microscope, si odieux à Comte, bien au delà des limites où s'arrêtait leur pouvoir à cette époque[1]. Ce qu'il faut dire encore, c'est qu'en dépit de la notoriété de l'œuvre de Comte et de l'autorité dont jouissent ses écrits, jamais aucun savant, au cours de ses recherches, n'a essayé de suivre les principes en question. Sans doute, devant un ensemble de phénomènes, un savant peut se demander si les données qu'il possède et celles que ses moyens d'investigation lui permettront d'acquérir suffiront pour débrouiller les lois qui les régissent; mais jamais aucun physicien, chimiste ni astronome, ne s'est demandé si les phénomènes qu'il allait étudier, quelle que fût leur nature, étaient ordonnés; jamais aucun savant digne de ce nom n'a douté que la nature ne soit entièrement soumise, jusque dans ses replis les plus intimes, à la légalité. Un doute à cet égard eût suffi, comme l'a dit justement M. G. Léchalas[2], pour arrêter toute recherche.

Serait-ce là, comme on l'a dit parfois, une manière de penser particulière au savant ou à l'homme moderne formé à son école? Mais nous avons vu au contraire qu'elle n'a pu être acquise par expérience, qu'actuellement encore l'expérience ne la justifie pas, qu'elle ne la justifiera jamais; et il semble bien que, partout où ils se croient en face de la nature morte seule, où ils ne supposent pas l'intervention du libre arbitre d'un être vivant, l'homme primitif et même l'animal aient à ce sujet des opinions entièrement analogues aux nôtres. Quelle est donc la source de cette conviction, comment se fait-il que nous ayons une foi absolue dans la valeur des lois, que nous supposions leur existence là même où nous n'avons pas encore su en formuler?

Pour le comprendre, nous n'avons qu'à nous rappeler que

1. Comme exemple du souci d'exactitude qui domine la science moderne, on peut citer, entre mille, les travaux de Stas sur les poids atomiques, avec leurs minutieuses précautions; celles-ci n'ont cependant pas paru suffisantes et les chimistes des générations postérieures n'ont cessé d'apporter des corrections continuelles aux chiffres de Stas, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les travaux des commissions spéciales qui s'occupent de contrôler ces mesures. Deux travaux du Congrès international de 1900, celui de M. Benoit sur la *Précision dans la détermination de longueur en métrologie*, et de M. Rubens sur le *Spectre infra-rouge* sont très propres à donner une idée de la précision à laquelle on est parvenu et du souci constant que les physiciens y apportent. Il va sans dire que de nouveaux progrès ont été accomplis depuis cette date.

2. G. Léchalas. *Les confins de la science et de la philosophie*. Revue des questions scientifiques, XIX, 1901, p. 505.



la prévision est indispensable pour l'action. Or, l'action est, pour tout organisme de la série animale, une nécessité absolue. Entouré d'une nature hostile, il faut qu'il agisse, qu'il prévoie s'il veut vivre. « Toute vie, toute action, dit M. Fouillée, est une divination consciente ou inconsciente : devine ou tu seras dévoré [1]. » Donc, je n'ai pas le choix de croire à la prévision, c'est-à-dire à la science, ou de n'y pas croire. Si je veux vivre, il faut que j'y croie ; dès lors, il n'est pas étonnant que cette conviction, fondée directement sur le plus puissant des instincts de l'organisme, celui de la conservation, se manifeste avec une force singulière.

En définissant la science par son utilité au point de vue de l'action, n'en avons-nous pas réduit le domaine ? De tout temps, le savant qui ne s'occupe point de recherches immédiatement utilisables a été un sujet de moqueries pour le vulgaire ; et certainement, à l'heure actuelle, beaucoup de physiciens, de chimistes, de géologues, etc., travaillent sur des problèmes dont la solution ne paraît pas comporter de conséquences pratiques. Ces recherches sont-elles illégitimes ?

Auguste Comte était d'avis qu'il y avait bien, de ce côté encore, une limite, que certaines recherches étaient radicalement inutiles et d'ailleurs en même temps frappées d'avance de stérilité, telles, par exemple, les recherches sur la constitution physique des astres. Voici en quels termes Comte déduit l'existence de cette limite :

« Il existe, dans toutes les classes de nos recherches, et sous tous les grands rapports, une harmonie constante et nécessaire entre l'étude de nos vrais besoins intellectuels et la portée effective, actuelle ou future, de nos connaissances réelles. Cette harmonie... dérive simplement de cette nécessité évidente : nous avons seulement besoin de connaître ce qui peut agir sur nous d'une manière plus ou moins directe et d'un autre côté, par cela même qu'une telle influence existe, elle devient pour nous tôt ou tard un moyen certain de connaissance [2]. »

Il est permis de douter que la déduction de Comte soit valable, même au point de vue de sa définition de la science. Il y a, en effet, au fond de ce raisonnement, un postulat : c'est

1. A. Fouillée. *Les origines de notre structure*, etc. Revue Phil. XXXII, 1891, p. 576.

2. Comte. *Cours*, vol. II, p. 11. Cf. *ib.*, p. 6-8.

que nous sommes capables de distinguer d'avance, par un moyen quelconque, « ce qui peut agir sur nous d'une manière plus ou moins directe », c'est-à-dire les connaissances qui sont susceptibles de nous être utiles, d'avec celles qui ne pourront jamais nous rendre aucun service. En effet, s'il n'en était pas ainsi, la distinction établie par Comte n'aurait pas de sens, car elle ne permettrait de tracer aucune limite. Or, il est aisé de s'apercevoir que le postulat n'est pas soutenable. L'univers, au point de vue de ses rapports avec nous, est un tout; toutes ses parties doivent agir les unes sur les autres et toutes peuvent, directement ou indirectement, réagir sur nous. Une partie de l'univers qui n'aurait avec nous aucun rapport possible, serait quelque chose, non pas que « nous n'aurions pas besoin de connaître », comme le pose Comte, mais que ne ne connaîtrions pas, dont nous n'aurions pas conçu l'existence, en d'autres termes, quelque chose d'inexistant.

M. Le Dantec, en essayant de préciser le précepte de Comte, a trouvé cet exemple très juste de mondes qui seraient placés dans une bille d'éther séparée de notre univers par un milieu qui ne transmettrait pas la lumière[1]. A supposer, en effet, que ce milieu ne transmît, de même, aucune autre forme d'action, pas même la gravitation, il est certain que nous ne pourrions jamais concevoir l'existence des mondes en question.

Dans le cas précis cité par Comte de la constitution physique des astres, nous savons qu'il s'est trompé sur le fait : l'analyse spectrale, découverte quelques lustres à peine après l'apparition du *Cours de Philosophie positive*, lui a infligé sur ce point un démenti éclatant. Mais est-il vrai seulement que ces connaissances doivent rester forcément stériles au point de vue de l'utilité pratique? Qu'en savons-nous? Ne peuvent-elles pas nous révéler des données sur la genèse des corps célestes, données qui nous permettront de conclure aux phénomènes qui se produisent dans l'intérieur du soleil ou même de la terre, où il nous est malaisé de parvenir, alors que nous avons cependant intérêt à connaître ce qui s'y passe, au point de vue de l'avenir? Est-il inimaginable que nous y puisions des connaissances sur la constitution de la matière? Par le fait, des suppositions de ce genre ont déjà été formulées et

1. F. Le Dantec. *Les limites du connaissable*. Paris, 1903, p. 98-99.

nul ne saurait dire si elles ne sont pas destinées à révolutionner la science de demain. Tel phénomène qui, en ce moment, nous paraît infiniment lointain peut nous révéler demain des rapports dont la connaissance sera de l'utilité la plus immédiate.

Comte lui-même, mieux inspiré qu'au moment où il formulait l'interdiction dont nous venons de parler et essayait de la motiver, en avait fourni un exemple éclatant, en faisant ressortir, après Condorcet, que le marin d'aujourd'hui, procédant à des déterminations astronomiques, profite de découvertes mathématiques sur les coniques dues à des géomètres grecs qui ont vécu il y a vingt siècles[1]; or, il est bien certain que ces derniers ne pouvaient pas prévoir une utilisation de ce genre.

Ainsi l'on peut, en partant du concept utilitaire de la science, la justifier cependant tout entière, y compris les recherches sur la nature physique des astres, bien entendu en tant que la science a pour but unique de connaître les rapports entre les phénomènes, les règles, les lois qui les régissent. Tel paraît être du reste l'avis à peu près unanime de tous ceux, philosophes ou savants, qui ont adopté, au point de vue de la définition de la science, la conception d'Auguste Comte; personne, semble-t-il, n'est plus disposé à renouveler une interdiction du genre de celle que nous venons de mentionner.

Tout en étendant son domaine, la science s'abrège et les mêmes causes rendent fort bien compte de cette évolution.

Voici un rayon lumineux qui passe dans l'eau ; nous remarquons qu'il change de direction et nous arrivons à reconnaître que, pour le même angle d'incidence, l'angle de réfraction est identique, mais que, pour différents angles, il est différent. Il nous faut donc dresser une table d'angles d'incidence et d'angles de réfraction correspondants, table dont nous devrons, si nous nous occupons de cette partie de la science, retenir au

1. Comte, *l. c.*, vol. Ier, p. 53.

M. Lévy-Bruhl qui pourtant, par ailleurs, cherche à défendre l'unité de la doctrine de Comte (*l. c.*, p. 12) reconnaît qu'il a varié sur cette matière et que ce changement d'opinion était dû « à la subordination croissante de l'intérêt scientifique à d'autres intérêts » qu'il estimait « supérieurs » (*ib.*, p. 173-175). Cette évolution a continué après la publication du *Cours*, et dans la *Politique positive* (1851) Comte arrive à restreindre l'astronomie au système solaire (I, p. 510) et à se moquer de la « prétendue découverte » de Le Verrier « qui, si elle avait pu être réelle, n'aurait vraiment dû intéresser que les habitants d'Uranus ».

moins les principaux points de repère ; et plus nous tenons à calculer avec exactitude, plus la table devra être détaillée, au point de devenir impossible à loger dans la mémoire. Mais voici que la loi de réfraction résume toutes ces observations. Sachant que $\frac{\sin i}{\sin r} = n$, nous n'avons plus besoin de la table, nous n'avons même pas besoin d'en retenir les points de repère. Nous avons donc réduit notre effort, et, ce faisant, nous avons obéi à la tendance naturelle et générale de tout être organisé. D'ailleurs le nombre des faits de la nature est infini, et infinie aussi est leur variété. Notre désir est de les embrasser tous, pour pouvoir tous les prévoir. Sans doute, nous n'y parviendrons jamais, mais au moins nous en faut-il connaître le plus grand nombre possible. Or, plus l'effort sera réduit pour chaque cas particulier, et plus nous pourrons évidemment l'étendre. C'est ce que Comte a défini en disant que « l'usage des lois » est de « dispenser, autant que le comportent les divers phénomènes, de toute observation directe, en permettant de déduire du plus petit nombre possible de données immédiates le plus grand nombre possible de résultats[1] ». En d'autres termes, les lois ont pour but une « économie » d'effort. Nous empruntons cette expression, qui ne se trouve pas chez Comte, mais qui, on le voit, résume exactement ses idées, aux écrits d'un penseur moderne de grande valeur, M. E. Mach, dont les conceptions ont exercé et exercent encore une influence considérable sur la science.

La science embrasse-t-elle la totalité des phénomènes de la nature? Il y a des faits qui ne m'apparaissent pas comme entièrement déterminés par les conditions. Ce sont ceux qui émanent de ma volonté. Suis-je réellement libre? Ce qui est certain, c'est que, en ce moment et dans certaines limites, je me sens libre d'agir et que, rétrospectivement, je me sens responsable des actes que j'ai accomplis.

Ce sentiment ne serait-il, comme le veulent les déterministes, qu'illusion et épiphénomène? En tout cas, nous voici, semble-t-il, aux prises avec un des plus redoutables problèmes qui aient embarrassé l'esprit humain. Serons-nous forcés de le résoudre avant de procéder plus loin ? Il semble bien qu'il soit insoluble par essence, que ce soit une des antinomies par lesquelles se manifeste l'inconnaissable. Mais, heureusement,

1. *Cours*, vol. I, p. 99.

nous pouvons ici l'éliminer ; ce procédé sera tout à fait conforme à la pratique suivie par la science. La science, nous venons de le voir, a pour but la prévision ; son domaine embrassera donc tout ce qui est susceptible d'être prévu, c'est-à-dire l'ensemble des faits soumis à des règles. Où il n'y a pas de loi, il n'y a pas de science. Le libre-arbitre, à supposer qu'il existe, est certainement en dehors de ce domaine.

Il est évident que la limite que nous établissons ainsi ne peut être que tout à fait imprécise : cela résulte de la teneur hypothétique de l'incidente. Selon que nous affirmerons ou nierons le libre-arbitre, ou que nous lui assignerons un domaine plus ou moins étendu, celui de la science se rétrécira ou s'agrandira. Le même acte, selon que nous le considérerons comme émané de l'individu moral, censé responsable, ou du milieu dont il est le produit naturel, nous apparaîtra tantôt comme libre et tantôt comme déterminé, comme possible à prévoir si nous avions connu et apprécié à leur juste portée les circonstances dont il était entouré. Si le terme de psychologie a été créé et si ce terme ne nous paraît pas absurde en soi, c'est qu'apparemment nous croyons possible de formuler des règles au sujet des phénomènes du vouloir, car la psychologie, selon la juste remarque de M. Fouillée, est essentiellement « l'étude de la volonté[1] ». Quand nous faisons la psychologie des personnes qui nous entourent, que nous cherchons à connaître pourquoi elles ont agi ou comment elles agiront, nous supposons tacitement que leurs actions sont déterminées[2]. Entendons-nous pour cela leur dénier le libre-arbitre ? Assurément non, puisque nous les considérons comme responsables de leurs actes. Mais nous cherchons à prévoir, nous faisons de la science, et qui dit science, dit prédétermination. C'est ce qui fait que l'imprécision des limites ne présente pas ici réellement les inconvénients que l'on pourrait en attendre. Lange a déclaré que la science, à moins de renoncer à sa tâche, devait expliquer le mouvement émané de la

1. A. Fouillée. *Le problème psychologique*. Revue Phil., XXXII, 1891, p. 235.

2. « Man kann also einraeumen, dass wenn es fuer uns moeglich waere, in eines Menschen Denkungsart, so wie sie sich durch innere sowohl als aeussere Handlungen zeigt, so tiefe Einsicht zu haben, dass jede, auch die mindeste Triebfeder dazu uns bekannt wuerde, imgleichen alle auf diese wirkenden aeusseren Veranlassungen, man eines Menschen Verhalten auf die Zukunft mit Gewissheit, so wie eine Mond- und Sonnenfinsterniss, ausrechnen koennte. » Kant, *Kritik der praktischen Vernunft*, éd. Rosenkranz et Schubert. Leipzig, 1838, p. 230.

raison (*vernuenftig*) comme un cas spécial des lois générales du mouvement[1]. La vérité est que la science, si elle traite de ce mouvement particulier, est forcée de le considérer comme déterminé. Mais elle n'affirme pas, elle ne saurait affirmer qu'il le soit. Supposer l'existence de phénomènes libres, entièrement soustraits à la domination de la loi et à notre prévision, n'est aucunement attentatoire aux principes de la science. Ce n'est pas non plus contraire à ses conclusions, car le déterminisme étant un postulat fondamental de la science, celle-ci limitant par avance son activité à ce qui est susceptible d'être prévu, il est certain que, quels que soient les résultats auxquels elle parviendra, ils ne sauraient rien nous apprendre sur ce qui est, par convention préalable, resté en dehors du domaine de nos recherches.

Afin de mieux préciser la portée de cette affirmation, nous n'avons qu'à quitter momentanément le terrain de la science pour pénétrer sur celui de la religion. Les religions, en prenant ce terme dans son acception la plus générale, tendent à nous faire voir, dans le cours du monde, l'intervention d'une volonté supérieure, placée en dehors de la nature. Cela est d'autant plus vrai que nous nous reportons à un état théologique plus ancien. A l'origine l'homme symbolise souvent la puissance de la nature hostile qui l'entoure, sous la forme d'êtres invisibles, mais agissants[2]. Ces êtres agissent à la façon des hommes, quoique avec une puissance accrue ; nul ne saurait douter, en effet, que le concept de la divinité, surtout avant la transformation que lui a fait subir le monothéisme plus ou moins absolu qui est devenu la religion d'une partie notable de l'humanité, ait été entièrement anthropomorphique. Le dieu a donc, tout comme un homme, son libre-arbitre. Les fidèles peuvent influer sur sa volonté par des prières, ainsi que d'ailleurs tout homme peut influer sur la volonté d'un autre homme. Mais, dans les deux cas, toute contrainte absolue est impossible. Affirmer le contraire, croire que par des actes déterminés il est possible de contraindre la divinité, n'est plus de la théologie, mais de la

1. F.-A. Lange. *Geschichte des Materialismus*, 4e éd., Iserlohn, 1882, p. 20.

2. On peut comparer ce raisonnement à celui à l'aide duquel Lucrèce conclut à la matérialité de l'air (voir plus loin p. 281); c'est du reste le même qui nous contraint à supposer l'existence de l'éther. Les dieux existent, car ils agissent. Dire que les dieux ne s'occupent pas du monde est un propos d'athée, c'est comme si l'on déniait à l'éther la masse : il deviendrait aussitôt inutile, inexistant.

magie, et celle-ci, en tant qu'elle croit à l'efficacité absolue de ses pratiques, établit proprement une loi, c'est-à-dire se transforme en science expérimentale; c'est ce qui explique que l'alchimie, qui avait conservé jusqu'au bout tant d'accointances avec la magie, ait pu paisiblement évoluer en chimie.

Mais, dans la théologie proprement dite, les actes du dieu restent bien libres, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas déterminés ou ne le sont pas complètement ; de même que, pour mes actes propres ou ceux de mes semblables, je suppose habituellement qu'ils sont en partie déterminés par des antécédents d'ordre divers et en partie libres, le fidèle considère les actes de la divinité envers lui comme en partie motivés par le mérite ou démérite du suppliant, par ses prières, etc., et en partie libres. Par contre, ces actes déterminent des événements qui, à leur tour, en font naître d'autres, et ainsi à l'infini. Si, en remontant une chaîne d'événements, nous trouvons un acte de libre-arbitre d'une divinité, la totalité ou une partie de la chaîne s'arrêtera là ; ce sera ce que Renouvier a appelé un « commencement absolu [1] ». Cet acte apparaît donc comme non déterminé par ses antécédents, comme une dérogation aux lois. C'est ce qu'on appelle un miracle.

On dit quelquefois que la science nie le miracle : c'est parler fort inexactement. En progressant, nous l'avons vu, elle tend à en restreindre le domaine : bien des phénomènes qui apparaissaient, à l'homme primitif, comme des miracles, rentrent pour nous dans le domaine de la science. On peut dire, dans ce sens, que la science confirme le postulat de légalité, mais il est entendu que cette confirmation ne saurait être absolue. Quant au miracle, il reste nécessairement, comme tout acte de libre-arbitre, en dehors de la science et séparé de celle-ci par un mur infranchissable. En effet, de tout temps, il y eut des thaumaturges et des miracles, de tout temps les dévots ont éprouvé le désir bien naturel de démontrer par l'expérience l'efficacité de l'intervention de leur divinité. On peut hardiment affirmer qu'en un sens il n'y a peut-être pas eu d'expérience tentée aussi fréquemment que celle-là. Pourtant la démonstration n'a jamais réussi : c'est qu'elle est impossible par essence. Si l'eau de la grotte de Lourdes guérissait invariablement tous les paralytiques qu'on y plonge, ce serait une loi, et nous nous mettrions certainement à cher-

1. Renouvier. *Critique philosophique*, vol. VII, 1878, p. 186.

cher dans la composition de cette eau une particularité expliquant cette action ; au besoin, nous serions forcés d'inventer un élément hypothétique ou une forme inconnue de l'énergie. Si les cérémonies sacerdotales constituaient un adjuvant nécessaire et suffisant, le processus sortirait du domaine de la religion pour entrer dans celui de la magie, car il y aurait un acte déterminé de la divinité. Mais il y a acte religieux, parce que la divinité demeure libre. Le phénomène ne peut être prévu, ni reproduit à volonté, c'est-à-dire qu'il est par essence en dehors de toute science. On peut donc infirmer un miracle, c'est-à-dire établir que le phénomène a été réellement conforme aux lois que nous connaissons ; mais on ne peut démontrer un miracle scientifiquement. On peut, tout au plus, montrer que le phénomène, s'il avait été régi par certaines lois, aurait dû avoir un cours différent. Mais les incrédules auront toujours beau jeu pour soutenir qu'il y a eu des circonstances et des lois restées ignorées.

Il est un peu plus malaisé de dégager le concept de causalité, précisément par suite de la confusion dont nous avons parlé plus haut. Nous en trouvons cependant l'expression très claire dans les écrits de Leibniz, qui l'appelle « le principe de la raison déterminante » ou « suffisante ». « Il faut considérer, dit Leibniz, qu'il y a deux grands principes de nos raisonnements ; l'un est le principe de la contradiction qui porte que, de deux propositions contradictoires, l'une est vraie et l'autre fausse ; l'autre principe est celui de la raison déterminante : c'est que jamais rien n'arrive sans qu'il y ait une cause, ou du moins une raison déterminante, c'est-à-dire quelque chose qui puisse servir à rendre raison, *a priori*, pourquoi cela est existant plutôt que de toute autre façon », et il ajoute : « Ce grand principe a lieu dans tous les événements et on ne donnera jamais un exemple contraire ; et, quoique le plus souvent ces raisons ne soient pas assez connues, nous ne laissons pas d'entrevoir qu'il en a[1] ». Platon, déjà, avait énoncé le même postulat en disant : « Toute naissance sans cause est impossible[2] ; » et Aristote : « La nature ne fait quoi que ce soit sans motif raisonnable ni en vain[3]. » Schopenhauer dans son traité *De la quadruple racine* adoptera encore la même

1. Leibniz. *Opera philosophica*, éd. Erdmann. Berlin, 1840, p. 515.
2. Platon. *Timée*, trad. Callet, Paris 1845, V, 28.
3. Aristote. *Œuvres*, trad. Barthélemy Saint-Hilaire. *Traité du Ciel*, l. II, cap. xi, § 2.

formule en disant avec Wolf : *Nihil est sine ratione cur potius sit quam non sit*[1] », ce qui est, on le voit, littéralement l'énoncé de Leibniz.

Mais Leibniz s'est, dans d'autres passages, expliqué avec plus de précision sur la manière dont il entendait la cause ou la raison déterminante. Dans le traité *De legibus naturæ et vera æstimatione virium motricium*, on lit (il s'agit de la démonstration par l'absurde du principe de la conservation de la force vive) : « Il s'ensuivrait que la cause ne pourrait être restituée en entier, ni substituée à son effet, ce qui, on le comprend aisément, est entièrement contraire aux habitudes de la nature et aux raisons des choses[2] », et dans la *Dynamica* (proposition 5) il écrit : « L'effet intégral peut reproduire la cause entière ou son semblable[3] ». Il exprime encore la même idée dans son *Essay de Dynamique* (C'est également le principe des forces vives qui est en jeu) : « Car si cette force vive pouvait jamais s'augmenter, il y aurait l'effet plus puissant que la cause, ou bien le mouvement perpétuel mécanique, c'est-à-dire qui pourrait reproduire sa cause et quelque chose de plus, ce qui est absurde. Mais si la force se pouvait diminuer, elle périrait enfin tout à fait, car, ne pouvant jamais augmenter et pouvant toujours diminuer, elle irait toujours de plus en plus en décadence, ce qui est sans doute contraire à l'ordre des choses[4]. » En somme, on le voit, le principe de Leibniz revient à la formule bien connue des scolastiques, *causa æquat effectum*.

Jean Bernoulli, que nous avons cité plus haut, se sert du même énoncé : c'est l'égalité entre les causes et les effets qui lui paraît la garantie indispensable de l'ordre dans la nature. Lucrèce écrit : *Nil posse creari de nihilo*[5], ce qui est évidemment la formule d'Anaxagore : *Rien ne naît ni ne périt*, formule dont on a parfois fait honneur à des auteurs bien plus modernes, jusqu'à l'attribuer à Lavoisier. Il est clair, d'ailleurs, que cette formule se déduit immédiatement de la pré-

1. SCHOPENHAUER. *Sæmmtliche Werke*, éd. Frauenstædt. Leipzig, 1877, p. 5.

2. LEIBNIZ. *Mathematische Schriften*, éd. Gerhardt, Halle 1860, vol. VI, p. 206. « Sequeretur etiam causam non posse iterum restitui suoque effectui surrogari quod quantum abhorret a more naturæ et rerum rationibus facile intelligitur. »

3. *Ib.*, p. 439. « Effectus integer causam plenam vel ejus gemellum reproducere potest. »

4. *Ib.*, p. 219.

5. *L. c.* liv. I, v. 156.

cédente, car la nature entière n'étant, par postulat, qu'un enchaînement de causes et d'effets et la somme des seconds devant toujours égaler l'ensemble des premières, il n'y a de place nulle part pour une création ni pour une disparition.

Par contre, il appert que le postulat de causalité ne se confond nullement avec celui de légalité. C'est ce qu'une analyse plus approfondie ne fera que confirmer.

En posant l'existence de règles, nous postulons évidemment qu'elles sont connaissables. Une loi de la nature que nous ignorons n'existe pas, au sens le plus rigoureux du terme. Certes, la nature nous apparaît ordonnée. Chaque découverte nouvelle, chaque prévision réalisée nous confirment dans cette opinion. C'est au point que la nature elle-même paraît proclamer sa propre ordonnance, l'idée en semble pénétrer dans notre esprit du dehors sans que nous ayons fait autre chose que de la recevoir passivement : l'ordonnance finit par apparaître comme un fait purement empirique, et les lois formulées par nous comme quelque chose appartenant à la nature, comme les *lois de la nature*, indépendantes de notre entendement. C'est oublier que nous étions convaincus d'avance de cette ordonnance, de l'existence de ces lois ; tous les actes de notre vie quotidienne en témoignent. C'est oublier aussi comment nous sommes parvenus à ces lois. Nous avons observé des phénomènes particuliers et proprement uniques ; nous en avons formé des concepts généraux et abstraits, et nos lois en réalité ne s'appliquent qu'à ces derniers. La loi qui régit l'action du levier n'envisage que le « levier mathématique » ; or, nous savons fort bien que nous ne rencontrerons jamais rien de pareil dans la nature. De même nous n'y rencontrerons jamais les «gaz idéaux» de la physique ni les cristaux tels que nous les montrent les modèles cristallographiques. Mais, même lorsque nous affirmons que « le soufre» a telle ou telle propriété, nous ne pensons pas à tel morceau particulier de la matière jaune bien connue. Tantôt ce que nous affirmons s'applique à une sorte de moyenne des morceaux qu'on est susceptible de rencontrer dans le commerce, et tantôt même (quand nous disons « le soufre pur ») à une matière quasi-idéale, dont nous ne pourrons nous approcher qu'à la suite d'opérations multiples ; les qualités d'un morceau de soufre pris au hasard peuvent s'écarter considérablement de celles de la matière en question. On connaît l'ensemble formidable de travaux auxquels Stas a dû se livrer

pour obtenir de l'argent à peu près chimiquement pur ; on sait d'ailleurs qu'il avait choisi ce corps comme point de départ de ses déterminations parce qu'il lui paraissait offrir le plus de facilités, et l'on sait aussi que l'argent obtenu par lui n'était pas réellement pur, de sorte qu'il a fallu depuis rectifier les résultats auxquels il était parvenu. On peut voir, par cet exemple topique, combien le substrat même de la loi, le concept généralisé, est chose de notre pensée. Car il ne servirait de rien d'affirmer que l'argent étant un élément défini, la matière pure doit, nécessairement, exister dans ce morceau de métal que je détiens, que je désigne du même nom, mais que je sais impur. L'existence de l'argent-élément n'est qu'une hypothèse à laquelle on parvient par des déductions multiples ; et l'argent pur est, comme le levier mathématique, le gaz idéal ou le cristal parfait dont nous venons de parler, une abstraction créée par une théorie. Il est, comme l'a dit fort justement M. Duhem[1], impossible de comprendre la loi, impossible de l'appliquer, si l'on n'a pas fait ce travail d'abstraction scientifique, si l'on ne connaît pas les théories qu'elle suppose.

Si nous avons parfois l'illusion que les lois formulées par nous s'appliquent directement à la réalité, c'est uniquement grâce à la grossièreté de nos sens et à l'imperfection des moyens d'investigation mis en œuvre, qui ne nous permettent pas de nous apercevoir de tout ce qui différencie les phénomènes particuliers entre eux. M. Poincaré a observé que ces circonstances ont favorisé la découverte de certaines lois, et que ce peut être un désavantage pour une science que de naître à un moment où les instruments de mesure permettent des investigations très minutieuses[2].

En réalité, nous ne parvenons aux lois qu'en violentant pour ainsi dire la nature, en isolant plus ou moins artificiellement un phénomène du grand Tout, en écartant des influences qui auraient *faussé* l'observation. Aussi la loi ne saurait-elle exprimer directement la réalité. Rarement le phénomène tel qu'il est envisagé par elle, le phénomène « pur » s'observe sans notre intervention ; et même avec celle-ci il reste imparfait, troublé par des phénomènes accessoires. Les expériences de cours, par lesquelles on entend illustrer les lois, prétendent quelquefois nous montrer ce phé-

1. Duhem. *La théorie physique*. Paris, 1906, p. 272.

2. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*. Paris, s. d., p. 211-212.

nomène pur. On sait avec quelle minutie elles doivent être réglées d'avance pour réussir. Même alors, elles font sur le spectateur l'impression de quelque chose de profondément artificiel ; le professeur apparaît comme une sorte de prestidigitateur. Quiconque a travaillé dans un laboratoire se rappelle avec combien de peine on parvient d'abord à réaliser les expériences en apparence les plus simples décrites dans les manuels. Avec le temps l'habitude se crée, on prend les précautions d'une manière de moins en moins consciente et l'on arrive à croire que les expériences de vérification se font pour ainsi dire toutes seules, sans que nous ayons à contraindre la nature ; de même que l'astronome, à force d'avoir observé et calculé les mouvements des astres, arrive à *voir* que la lune tombe sur la terre. N'empêche qu'en réalité, pour tout observateur non prévenu, ces deux corps restent à peu près à la même distance. — A l'égard du phénomène directement observé, la loi n'est jamais que plus ou moins approchée ; à l'aide de corrections successives, nous tâchons d'en adapter progressivement l'ensemble de plus en plus étroitement à la véritable marche de la nature. Mais il faut observer que ces nouveaux apports modifient sans cesse la science existante. « La physique ne progresse pas comme la géométrie, qui ajoute de nouvelles propositions définitives et indiscutables aux propositions définitives et indiscutables qu'elle possédait déjà ; elle progresse parce que, sans cesse, l'expérience fait éclater de nouveaux désaccords entre les lois et les faits[1]. » La loi est une construction idéale qui exprime, non pas ce qui se passe, mais ce qui se passerait si certaines conditions venaient à être réalisées. Sans doute, si la nature n'était pas ordonnée, si elle ne nous présentait pas d'objets semblables, susceptibles de fournir des concepts généralisés, nous ne pourrions formuler de lois. Mais ces lois ne sont elles-mêmes que l'image de cette ordonnance, elles ne lui correspondent que dans la mesure où une projection peut correspondre à un corps à n dimensions, elles ne l'expriment qu'autant qu'un mot écrit exprime la chose, car, dans les deux cas, il faut passer par l'intermédiaire de notre entendement.

Le temps s'écoulant sans cesse (c'est l'*unique variable indépendante* de Newton), les lois, si elles doivent être connais-

1. Duhem, *l. c.*, p. 290.

sables, ne peuvent l'être qu'en fonction du changement du temps. Il suffirait donc, strictement parlant, pour que la nature nous apparût comme ordonnée, que nous connaissions la forme de cette fonction, c'est-à-dire comment les lois se modifient à mesure que le temps s'avance.

Cependant, il est certain que dans notre conception des lois nous simplifions leur rapport avec le temps en affirmant que ce dernier est homogène par rapport à elles. Si le soufre, c'est-à-dire un morceau de matière qui nous est connue par tout un ensemble de propriétés physiques, donne naissance actuellement par combustion à un gaz bien caractérisé qu'on appelle l'anhydride sulfureux, nous affirmons qu'il en a été de même aux époques géologiques les plus reculées et qu'il en sera toujours ainsi.

Afin de comprendre pourquoi cette simplification s'impose, il suffit de considérer qu'une modification des lois dans le temps, pour être connaissable, impliquerait une connaissance du temps indépendante des lois. Or, cette connaissance est impossible. Il y a, au sujet des principes sur lesquels repose la mesure du temps, deux opinions antagonistes. Quelques modernes entendent la déduire du mouvement uniforme en ligne droite, c'est-à-dire du mouvement inertial; cette théorie a été formulée, semble-t-il, pour la première fois par C. Neumann[1], qui a été suivi, entre autres, par M. Ludwig Lange[2] en Allemagne, Hannequin[3] et M. E. Le Roy[4] en France. Mais, à supposer que cette conception soit valable pour l'époque présente, elle ne l'était certainement pas autrefois, car le principe d'inertie est de création toute moderne. Or, il n'est pas douteux que l'humanité a toujours eu très nettement conscience de l'écoulement uniforme du temps et que même, depuis de longs siècles, elle a su le mesurer. Il n'y a d'ailleurs qu'à examiner les moyens à l'aide desquels on effectuait cette mesure,

1. C. Neumann. *Ueber die Principien der Galilei-Newton'schen Theorie.* Leipzig, 1870.

2. Ludw. Lange. *Ueber die wissenschaftliche Fassung, etc.* Wundt's philosophische Studien, vol. II. Leipzig, 1883.

Id. *Nochmals ueber das Beharrungsgesetz*, ib.

Id. *Ueber das Beharrungsgesetz.* Kgl. Saechs. Ges. der Wissenschaften, vol. XXXVII. Leipzig, 1885, p. 336 ss.

Id. *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffs.* Leipzig, 1886.

Id. *Das Inertialsystem,* Wundt's phil. Studien vol. XX Leipzig, 1902.

3. Hannequin. *Essai critique,* Paris, 1895, p. 79.

4. E. Le Roy. *La science positive et la liberté.* Congrès international de philosophie. Paris, 1900, vol. I, p. 331.

pour en reconnaître le fondement. Nous nous servons, depuis plusieurs siècles, du pendule; auparavant, on s'est servi d'eau ou de sable s'écoulant par une ouverture, ou même de bougies de grosseur uniforme; à une époque encore antérieure, avant qu'on sût construire un instrument de mesure quelconque, les hommes mesuraient le temps par la marche apparente du soleil et des étoiles et par les saisons, c'est-à-dire par la rotation et la révolution de la terre, mesures qui, encore aujourd'hui, nous servent de contrôle. Or, tous ces moyens ressortissent au même principe, à savoir que le changement de la nature est d'essence uniforme, qu'il se passe durant des temps semblables des effets semblables. C'est la définition de la mesure du temps formulée par d'Alembert[1] et, après lui, par Poisson[2], et nous pouvons même, actuellement, utiliser dans cet ordre d'idées des phénomènes qui n'ont avec celui du mouvement qu'un rapport très lointain et où, par conséquent, le concept d'inertie n'est assurément pour rien; nous pouvons, par exemple, prendre pour point de départ la vitesse d'une réaction chimique, disons, pour préciser, la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge[3] ou, mieux encore, la diminution de la radio-activité de l'émanation du radium, proposée par Curie et qui paraît, en effet, susceptible de fournir une unité précise[4].

Quel que soit d'ailleurs le phénomène que nous prendrons pour point de départ, pourvu qu'il soit convenablement choisi, c'est-à-dire que nous puissions déterminer d'une manière suffisante les conditions où il doit se produire et en observer la marche avec la précision nécessaire, nous trouverons tous les autres phénomènes se réglant d'après lui. Si nous partons du battement du pendule, l'écoulement d'une masse d'eau ou de sable entre deux traits de la clepsydre ou

1. D'ALEMBERT. *Traité de dynamique*, 2e éd. Paris, 1758, p. 13-14.

2. POISSON. *Traité de mécanique*. 2e éd. Paris, 1833, p. 204 ss. — On trouvera dans le livre de M. STREINTZ, *Die physikalischen Grundlagen der Mechanik*, Leipzig, 1883, p. 81 ss. une excellente discussion des deux principes de la mesure du temps.

3. Cf. à ce sujet RUD. SCHENCK, *Ueber den rothen Phosphor*. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, XXXV, 1, 1905, p. 352 ss.

4. On connaît l'importance que la mesure de la diminution de la radioactivité dans le temps a prise dans cette partie de la physique. Elle est considérée comme la propriété la plus caractéristique des corps radioactifs, celle d'après laquelle on décide de leur identité ou non-identité. Cf. RUTHERFORD. *Radio-Activity*, 2e éd. Cambridge, 1905, p. 223-232, 411, 412, et Mme CURIE, Revue scientifique, 17 nov. 1906, p. 654.

du sablier, l'usure d'une bougie de grosseur uniforme, la production d'une proportion donnée de phosphore rouge ou une diminution donnée dans la radio-activité de l'émanation du radium dureront, chaque fois que nous reproduirons ces phénomènes dans des conditions convenables, autant qu'un nombre déterminé de battements du pendule. On pourrait dire que c'est parce qu'il y a accord entre ces divers phénomènes que nous arrivons à concevoir que le temps s'écoule uniformément. Cependant l'accord entre les phénomènes, tels du moins que nous pourrons les observer directement, ne sera jamais absolu. La meilleure horloge que nous puissions construire aura besoin de temps en temps de corrections; et l'on suppose que la rotation terrestre, conçue primitivement comme le changement dont la durée devait régler celle de tous les autres, n'a pas strictement chaque fois la même valeur; elle s'allonge, d'où une accélération apparente du mouvement de la lune. Nous sommes en mesure d'expliquer cette anomalie en disant que la durée de la rotation de la terre se trouve modifiée par l'influence de deux facteurs, le rétrécissement continuel du globe terrestre et les marées; ces deux causes agissent en sens inverse, mais l'action de la seconde prévaut, et la différence entre les deux actions amène précisément le résultat que nous constatons. Toutefois, le fait même que l'accord ne soit pas immédiatement parfait, que nous le rendions tel, que cet allongement de l'année nous apparaisse comme une anomalie ayant besoin d'explication, nous avertit que le concept de l'absolue uniformité de l'écoulement du temps ne peut être entièrement dû à l'observation des phénomènes, qu'il doit mettre en jeu un principe supérieur. Or ce principe, évidemment, n'est autre que celui désigné par nous comme principe de légalité. Nous n'avons qu'à reprendre la formule de d'Alembert « qu'il se passe durant des temps semblables des effets semblables » et à la rapprocher de celle de M. Ostwald (p. 2) : « Si l'on établit les mêmes conditions, le phénomène se déroulera de même manière. » Il est clair que la première rentre dans la seconde, car l'expression « de même manière » indique forcément que le phénomène doit se dérouler aussi dans un laps de temps identique[1]. D'ailleurs puisque, nous l'avons vu, les lois ont pour but la prévision, il est tout aussi intéressant pour nous de deviner *quand* les choses se passeront que de con-

1. Lucrèce, en cherchant à établir que la nature obéit à la loi, insiste également sur la condition de durée (II, v. 175 ss).

naître *ce qui* se passera. Le chien à qui je jette un morceau, s'il veut le happer, doit pouvoir calculer à quel moment précis le morceau parviendra à la hauteur de sa gueule. C'est donc bien notre conviction de la régularité de la nature qui intervient; la nature s'y prête, cela est incontestable, mais cette conviction dépasse, nous l'avons vu, les limites de l'observation directe, elle est absolue et nous garantit l'avenir[1].

Ainsi, la mesure du temps repose, en dernier lieu, sur l'existence des lois dans la nature, et par conséquent le temps, nous apparaît, ainsi que nous l'avons dit, comme homogène à l'égard des lois. Par contre, le postulat de légalité n'implique nullement que les objets eux-mêmes doivent rester immuables dans le temps. Ici il suffit réellement que nous connaissions la forme de la fonction, c'est-à-dire la manière dont ils changent avec le temps. En l'énonçant, nous formulons une loi. On peut même affirmer que cette forme de la loi est sa forme primitive, puisqu'elle correspond le mieux à son but. En effet, puisque nous voulons prévoir, connaître l'avenir, et que nous savons mesurer le temps, le plus simple serait de déterminer comment les objets du monde extérieur se modifient en fonction du temps[2]. Si cette proposition ne nous paraît pas évidente du premier coup, c'est à cause de la nature particulière du concept du déplacement. Ce concept est ambigu; un objet déplacé nous apparaît à la fois comme ayant subi une modification et comme ayant conservé son identité. Nous aurons l'occasion de revenir plus longuement sur ce sujet. Pour le moment, contentons-nous de remarquer que, pour écarter le trouble que ce concept est susceptible d'apporter dans la question qui nous occupe, nous n'avons qu'à recourir aux phénomènes dont nous avons parlé plus haut et qui n'évoquent point directement dans notre esprit l'image du mouvement. Ainsi, en affirmant qu'après *t* secondes, d'une solution de phosphore blanc dans du tribromure de phosphore, d'une concentration donnée, une proportion déterminée se trouvera transformée en phosphore rouge, ou encore

1. M. PAINLEVÉ, Bulletin de la Société française de philosophie, 1905 (p. 64-65) affirme que la notion de l'homogénéité du temps et de l'espace à l'égard des lois existe chez l'homme, antérieurement à toute science, comme aussi chez l'animal.

2. M. POINCARÉ déduit très justement cette forme de la loi directement de la « conception scientifique » du monde, c'est-à-dire, selon notre terminologie, du principe de légalité. Cf. *Cournot et le calcul infinitésimal*. Revue de métaphysique, XIII, 1905, p. 295.



qu'après *t* jours l'émanation du radium perdra la *n*-ième partie de sa radioactivité, nous formulons certainement des lois. Il est d'ailleurs facile de voir qu'en particulier les sciences de l'être organisé sont remplies de lois de ce genre, comme, par exemple : après *n* mois d'existence, la chenille devient papillon, ou : dans leur *n*-ième mois, les têtards perdent leurs branchies.

L'analyse à laquelle nous venons de nous livrer en ce qui concerne le temps est, dans une certaine mesure, applicable à l'espace. Ici aussi il suffirait, à la rigueur, pour qu'il y eût ordonnance dans la nature, de connaître les lois en fonction des changements de l'espace. Mais, ici aussi, nous simplifions, en affirmant que la modification de la fonction est nulle, que les lois restent immuables à travers l'espace. Il ne sera peut-être pas entièrement inutile de faire ressortir que cette homogénéité de l'espace à l'égard des lois est indépendante de ce qu'on appelle sa relativité. On pourrait supposer, en effet, que nous sommes forcés de croire à l'indifférence du lieu parce que le lieu véritable nous est inconnu. Il est certain que nous en changeons sans cesse. La terre tourne autour de son axe et aussi autour du soleil, lequel, à son tour, progresse dans l'espace à une vitesse considérable. La probabilité pour que nous revenions jamais au lieu que nous avons occupé un instant est infime. Si donc nous avons pu abstraire des lois, alors que nous étions en train de changer de lieu avec une grande rapidité, c'est qu'apparemment le changement de lieu est indifférent au point de vue de ces dernières. Ce raisonnement serait valable pour l'état actuel de la science. Mais c'est un état relativement récent. Pendant une suite incalculable de siècles, l'humanité a cru fermement que la terre était un plateau immobile, que les lieux marqués par certains objets de taille considérable sur la terre, tels que des montagnes, de hautes constructions, étaient réellement des lieux de l'espace absolu et que l'on pouvait revenir au même « endroit » en marquant la situation par rapport à ces points de repère. Elle croyait aussi que l'espace avait deux directions réelles distinctes des autres, le bas et le haut. En scrutant nos propres croyances, nous verrions que nous ne sommes pas entièrement débarrassés de ces conceptions : nous éprouvons toujours quelque peine à nous figurer les antipodes qui, quoi que nous fassions, nous apparaissent « la tête en bas ». Mais, même lorsqu'ils croyaient que la terre était en bas et les cieux en

haut, les hommes étaient fermement convaincus de l'homogénéité de l'espace. Il suffit, pour l'établir, de se rappeler que c'est cette idée qui constitue le fondement de la géométrie. Si l'on avait demandé à un Grec à quelle profondeur sous terre telle proposition d'Euclide cessait d'être vraie, la question lui eût certainement paru aussi paradoxale qu'à nous.

Mais la géométrie nous prouve également que notre croyance à l'homogénéité de l'espace implique quelque chose de plus que la persistance des lois. Nous sommes, en effet, convaincus que non seulement les lois, c'est-à-dire les rapports entre les choses, mais encore les choses elles-mêmes ne sont pas modifiées par leur déplacement dans l'espace. C'est là ce que la géométrie postule nettement, et un des maîtres de la pensée scientifique contemporaine a dit très justement qu'elle n'existerait pas, s'il n'y avait pas de solides se déplaçant sans modifications [1]. Or, cela est très essentiel à constater, la géométrie, comme en général les sciences que nous comprenons sous le terme de « mathématiques pures », bien que maniant des concepts abstraits de notre pensée, jouit évidemment du privilège de s'appliquer à la réalité d'une manière absolue. Nous connaîtrons plus tard une science qui, à première vue, semble se rapprocher beaucoup de la géométrie, la mécanique rationnelle. Elle s'occupe également de concepts abstraits, mais elle ne jouit pas du même avantage que les mathématiques pures, puisque nous pouvons (et devons même, ainsi que nous le verrons dans la suite) concevoir que la réalité ne s'y plie pas entièrement. Nous ne rechercherons pas ici à quoi est dû ce privilège des mathématiques pures, c'est un chapitre de la philosophie des sciences mathématiques qui est étranger au sujet de ce livre. Constatons seulement que le fait même ne peut être contesté, et qu'il est impossible de douter sérieusement qu'une déduction géométrique soit vérifiée par l'expérience.

Ce qui précède nous indique qu'il serait vain de tenter, pour l'espace, la déduction que nous avons effectuée pour le temps. Le postulat de légalité seul ne suffira pas, car, nous venons de le voir, nous supposons à l'espace plus d'uniformité que la légalité n'en exigerait strictement. C'est donc qu'il y a ici en jeu un principe, un postulat particulier. C'est celui de la « libre

1. H. Poincaré. *L'espace et la géométrie*. Revue de métaphysique, 1895, p. 638. — Cf. id. *La géométrie non-euclidienne*. Revue générale des sciences, 1891, p. 772.

mobilité ». M. Russell estime que sa « négation impliquerait des absurdités logiques et philosophiques, de sorte qu'il doit être regardé comme entièrement *a priori*[1]. » Ce qui est certain, c'est qu'il fait partie intégrante de notre concept de l'espace. Il est clair, d'ailleurs, que le temps n'admet aucun énoncé de ce genre. Il nous apparaît comme s'écoulant uniformément dans la même direction, et la supposition que nous pourrions nous y mouvoir librement, voyager dans le passé et dans l'avenir, implique pour le moins autant d'absurdités que la supposition contraire pour l'espace[2].

Il n'y a donc pas, sur ce point, analogie complète entre le temps et l'espace. Ce chien qui vient de naître, je sais qu'il sera adulte dans deux ans, décrépit dans vingt et mort dans trente ans au plus tard; mais si je le transporte dans une autre partie de l'espace, il restera ce qu'il est. Sans doute, si je le place au sommet du Mont Blanc, il se trouvera incommodé et, si je le maintiens au fond d'un étang, il sera asphyxié; mais c'est que les conditions physiques visibles du milieu auront changé et non par le simple changement de lieu. Les objets ne se modifient pas sous l'action de l'espace comme ils changent sous l'action du temps : l'expression même paraît paradoxale, choque dans le premier cas, alors qu'elle est banale dans le second. L'espace est réellement (on l'a affirmé aussi du temps, mais à tort) une « pure forme » vidée de tout contenu[3].

Tous les postulats que nous avons énumérés et qui nous sont indispensables pour formuler des lois, nous en avons encore besoin quand nous parlons de causes. Seulement, il s'y ajoute quelque chose. En effet, s'il y a toujours égalité complète entre les causes et les effets, si rien ne naît ni ne périt, c'est que non seulement les lois, mais encore les choses persistent à travers le temps. C'est ce principe qu'Aristote formule en l'appliquant, il est vrai, aux seules « substances » : « Que les subs-

1. Russell. *Essai sur les fondements de la géométrie*, trad. Cadenat. Paris, 1901, p. 191.

2. Cf. plus bas, p. 195.

3. Spir, qui a eu le sentiment très net de la diversité entre l'espace et le temps, n'a pas défini exactement la différence des deux concepts. Ce qu'il dit de l'impossibilité de concevoir un temps vide (*Pensée et réalité*, Paris, 1876, p. 327-328) s'applique tout aussi bien à l'espace qui ne serait marqué par rien. L'exemple sur lequel il se base, celui de l'homme qui aurait dormi, trouve son analogue dans l'homme qui, avec le monde, aurait été transporté à travers l'espace vide.



tances proprement dites et en général tous les êtres qui existent absolument, viennent d'un sujet antérieur, c'est ce qu'on voit clairement. Toujours il y a un être subsistant préalablement d'où naît celui qui naît et devient[1]. » Lucrèce énonce, d'une manière tout à fait générale : *Eadem sunt omnia semper*, et c'est encore la même idée qu'exprime Cournot avec beaucoup de précision : « Toutes les fois qu'il s'agit de phénomènes de l'ordre physique, si ces phénomènes paraissent de prime abord dépendre de forces ou causes qui varient avec le temps, il est dans les lois de notre intelligence de ne regarder le phénomène comme expliqué que lorsqu'il a été ramené à dépendre de causes permanentes, immuables dans le temps, et dont les effets seuls varient à partir d'une époque donnée, en conséquence des dispositions que le Monde ou les parties du Monde offraient à cette époque : dispositions que notre intelligence accepte, non comme des lois, mais comme des faits[2] ». Helmholtz qui, nous l'avons vu, a tenté de réduire la causalité à la légalité, a déclaré dans un autre passage que le but final de la science était « de ramener les phénomènes de la nature à des forces d'attraction et de répulsion invariables et dont l'intensité dépend de la distance », et que ce n'est qu'à cette condition que l'on pouvait rendre la nature complètement compréhensible[3].

En résumant ce que nous venons d'exposer, nous dirons que le principe de causalité exige l'application au temps d'un postulat qui, sous le régime de la légalité seule, ne s'applique qu'à l'espace.

Avant de procéder plus loin, nous devons résoudre quelques difficultés.

Avons-nous eu raison de parler de « géométrie » tout simplement ? N'eût-il pas fallu dire plutôt « géométrie euclidienne » ? On sait, en effet, que depuis les spéculations de Lobatschewsky, de Riemann et de Bolyai, la science a dû envisager l'hypothèse d'espaces où le postulat des parallèles cesserait d'être valable. On sait aussi que ces hypothèses ne sont pas restées confinées dans le domaine des mathématiques, puisque non seulement Lobatschewsky[4] et Riemann[5], mais encore

1. Aristote. *Physique*, trad. Barthélemy-Saint-Hilaire, livre Ier, chap. viii.

2. Cournot. *Traité de l'enchaînement*, etc. Paris, 1861, p. 276.

3. Helmholtz. *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Leipzig, 1880, p. 16.

4. Lobatschewsky. *Études géométriques sur la théorie des parallèles*, trad. Hoüel. Mémoires de Bordeaux, t. IV, 1866, p. 120.

5. Riemann. *Ueber die Hypothesenet*, etc. Abhandlungen der Kgl. Gesellschaft zu Gœttingen, vol. XIII, p. 148.

Helmholtz[1], en ont expressément réclamé la vérification par des mesures astronomiques. Tait a formulé cette supposition que le système solaire et, avec lui, notre terre pourraient un jour arriver dans des régions de l'espace où la « courbure » de ce dernier se modifierait[2]. Dans cette hypothèse, l'espace ne serait donc plus entièrement homogène et nous pourrions être amenés à rattacher, par une règle empirique, la modification des propriétés des corps à leur déplacement dans l'espace. M. Poincaré[3] a excellemment montré ce que ces suppositions ont d'inadmissible. Ce que nous appelons ligne droite en astronomie, c'est la voie du rayon lumineux, et si nous arrivions à découvrir des anomalies telles que Helmholtz les prévoit, nous les attribuerions certainement à la nature de la lumière et non à celle de l'espace.— D'ailleurs, à supposer que, par impossible, nous parvenions à la conviction que notre espace a un rayon de courbure, nous en conclurions très certainement que cet espace tridimensional n'est pas « ultime », mais qu'il flotte dans un autre à quatre dimensions. M. Russell a contesté la validité de cette conclusion, il lui paraît « contraire au véritable sens des idées non-euclidiennes » de concevoir un espace contenu dans un autre espace[4]. Il se peut qu'il ait raison. Mais il constate en même temps que cette erreur est extrêmement fréquente, ce qui indique à notre avis qu'il y a là une tendance naturelle à notre esprit, que nous éprouvons le besoin irrésistible de loger le monde sensible dans un espace entièrement homogène et indifférent au déplacement.

Une autre difficulté est d'ordre plutôt logique. Le raisonnement qui précède repose évidemment sur une distinction entre les objets et les lois. Or, un objet est-il autre chose qu'un ensemble de phénomènes ? Et ces phénomènes étant tous régis par des lois, ce que nous appelons un objet n'est-

1. Helmholtz. *Ueber den Ursprung* etc., *Populære Vortræge*, Braunschweig, 1876, p. 42-43. et *Ueber den Ursprung*, etc., *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Leipzig, 1882, p. 654.

2. P.-G. Tait. *Conférence sur quelques-uns des progrès récents de la physique*, trad. Krouchkoll. Paris, 1886, p. 12 ss.

3. H. Poincaré. *Les géométries non-euclidiennes*. Revue générale des sciences, II, 1891, p. 774. *La science et l'hypothèse*, p. 93. *La valeur de la science*, p. 109. Cet argument avait été déjà mis en avant par Lotze. Cf. Russell. *Essai sur les fondements de la géométrie*, trad. Cadenat. Paris, 1901, p. 128.

4. *Ib.*, p. 110.

il pas tout simplement un ensemble de rapports légaux ? On peut rendre immédiatement sensible la vérité de cette proposition, en observant que nous ne connaissons un objet que par ses propriétés, et que chaque propriété en particulier peut se formuler de telle manière que l'énoncé soit une loi. Qu'est-ce que le soufre ? C'est un corps solide, jaune, fusible à 66°, bouillant à 145°, produisant par combustion un gaz bien connu sous le nom d'acide sulfureux, etc. Or, en disant : le soufre a une couleur jaune, le soufre fond à 66°, etc., j'énonce incontestablement des lois. Comment se fait-il donc que je stipule l'immutabilité des lois dans le temps et non pas celle des objets ?

Regardons d'un peu plus près notre énoncé des propriétés du soufre. En disant que c'est un corps solide et jaune, avons-nous entendu affirmer qu'il l'est toujours? Assurément non. Nous savons fort bien qu'il peut être aussi un liquide brunâtre et que, même solide, précipité d'une solution de pentasulfure de potassium, il se présentera comme une poudre à peu près blanche; d'ailleurs, si nous éclairons un morceau de soufre par de la lumière monochromatique verte, il nous apparaît vert. C'est donc qu'en réalité, pour chaque propriété que nous énoncions, certaines conditions étaient sous-entendues. Si nous avons pu ne pas les spécifier expressément dans certains cas, c'est que nous supposions ce que l'on désigne comme les *conditions ordinaires*, c'est-à-dire celles que nous constatons dans l'immense majorité des cas, dans le monde qui nous entoure. Ainsi, une température à laquelle le soufre reste solide, l'éclairage par la lumière du soleil ou d'un corps incandescent, font certainement partie de ces conditions ordinaires, et de même, le soufre se trouvant dans le commerce surtout sous l'aspect d'un corps compact, on peut à la rigueur, en énumérant ses qualités, omettre cette condition. Mais pour plusieurs des propriétés indiquées plus haut, nous ne pouvons procéder ainsi. Quand je dis que le soufre fond à 66°, qu'il bout à 145° ou qu'il est combustible, il est clair que ce sont des phénomènes qui ne pourront être observés que si la température s'élève, c'est-à-dire si les conditions ordinaires changent. Sans doute, nous supposons bien qu'à ce phénomène, qui ne se produira que dans des conditions déterminées, correspond, même dans le soufre à température ordinaire, *quelque chose*, une chose mal définie du reste, ne se manifestant pas constamment, mais susceptible de se manifester,

alexandrine, de l'utilisation possible des coniques ? Est-il bien sûr que les doctrines physiques des atomistes anciens, ou celles d'Aristote permissent des applications pratiques au point de vue de la prévision? On pourrait objecter, il est vrai, que ce n'était pas de la science, mais de la métaphysique. Disons donc tout de suite que l'existence de cette branche du savoir humain suffirait seule, au besoin, pour établir la réalité de la tendance dont nous parlons. En effet, si convaincu que l'on soit de la stérilité de ces recherches, on ne saurait méconnaître qu'en fait l'humanité y a consacré une somme d'efforts immense, que les esprits les plus vigoureux en ont fait leur travail de prédilection. Or, la métaphysique vise, de son propre aveu, à connaître, à comprendre l'essence des choses et ce, comme déjà l'a fait ressortir Aristote, sans aucun but d'utilité. Il faut donc que ce désir soit en nous très fort, et s'il est vrai que le but est inaccessible, la stérilité des efforts constamment répétés est une preuve de plus de la vigueur avec laquelle l'humanité y tend.

Il est d'ailleurs facile d'établir la liaison entre la notion du rationnel et celle de la persistance à travers le temps. Le principe d'identité est la véritable essence de la logique, le vrai moule où l'homme coule sa pensée. « Je conviens, dit Condillac dans la *Langue des calculs*[1], que dans cette langue comme dans toutes les autres, on ne fait que des propositions identiques, toutes les fois que les propositions sont vraies » et dans sa *Logique*[2] il affirme que « l'évidence de raison consiste uniquement dans l'identité ».

Toutefois, affirmer qu'un objet est identique à lui-même, cela semble une proposition de pure logique et, en outre, une simple tautologie ou, si l'on aime mieux, un énoncé analytique, selon la nomenclature de Kant. Mais, dès qu'on ajoute la considération du temps, le concept se dédouble pour ainsi dire, car en dehors du sens analytique il acquiert un sens synthétique, comme le dit excellemment Spir. Il est analytique « quand il exprime simplement le résultat d'une analyse du concept, synthétique, au contraire, quand il est entendu comme une affirmation relative à la nature des objets réels[3] ». Mais ce rapport entre le principe de la raison déterminante et

1. Condillac. *La langue des calculs*. Paris, an VI, p. 60.
2. Id. *Logique*, Paris, an VI, p. 177.
3. Spir, *l. c.*, p. 192.

celui d'identité était déjà parfaitement clair pour Leibniz, comme on peut le voir par l'exposé de M. Couturat[1] et comme l'indique du reste la manière dont Leibniz met en parallèle les deux principes dans le passage que nous avons cité plus haut (p. 15).

Ainsi le principe de causalité n'est que le principe d'identité appliqué au temps. Nous avons recherché, selon la parole de Leibniz « quelque chose qui puisse servir à rendre raison, pourquoi cela est existant plutôt que de toute autre façon ». Quelle peut être la raison déterminante de l'être conditionné par le temps? Il n'y en a qu'une seule possible : c'est la préexistence. Les choses sont ainsi parce qu'elles étaient déjà ainsi antérieurement.

Il ressort nettement, semble-t-il, de ce qui précède que le principe de causalité se distingue profondément de celui de légalité. Mais une erreur aussi considérable par ses conséquences que la confusion de ces deux principes, aussi générale et partagée par tant de bons esprits, ne saurait être considérée comme écartée que si nous sommes en mesure de l'expliquer. Elle nous paraît due avant tout au sens imprécis dans lequel nous employons généralement ce terme de *cause*. Non pas que nous nous en servions réellement à faux. Mais constamment, par nécessité, et sans que nous en ayons conscience le plus souvent, nous nous servons en parlant des causes du trope que les Grecs appelaient *synecdoque*, c'est-à-dire que nous remplaçons le tout par la partie.

J'ai manqué mon train ce matin. Quelle en était la cause ? C'est que ma montre était en retard.

Assurément, si ma montre avait été à l'heure, je me serais levé plus tôt ou habillé avec plus de hâte et j'aurais pu arriver à temps. Mais si je n'habitais pas si loin de la gare, j'y serais parvenu également ; et aussi, si les fiacres à Paris avaient de meilleurs chevaux ou si le train avait eu quelques minutes de retard... Je pourrais continuer à peu près indéfiniment.

1. L. Couturat. *La logique de Leibniz*. Paris, 1901, pp. 186, 208 ss.: voir aussi l'exposé fait par le même auteur à la Société française de philosophie. Bulletin II° année, 1902, 27 fév. C'est aussi l'avis de M. Cassirer (*Leibniz' System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen*, Berlin, 1902, p. 325). Cependant le principe de l'égalité de la cause et de l'effet apparaît le plus souvent, chez Leibniz, comme indépendant et parfois il semble même prendre les apparences d'un énoncé déduit de l'expérience. Cf. *Mathematische Schriften*, éd. Gerhardt, vol. II, p. 308.

Qu'est-ce donc que j'ai désigné primitivement par le terme de *cause*? C'est *une* des conditions déterminant le phénomène. Mais entendais-je affirmer que ce fût la seule ? En aucune façon. Elle m'a simplement paru, pour l'instant, la plus *remarquable* et l'on voit tout de suite qu'il peut y avoir, à cela, des raisons multiples : c'est la condition la moins connue de mon interlocuteur ; c'est aussi celle qui est la moins stable et qui m'a semblé la plus facile à modifier. Je n'ai aucune action sur la marche des trains ou des fiacres à Paris, et ce serait toute une affaire que de déménager pous me loger plus près de la gare ; mais il eût suffi d'avoir une montre marchant mieux, ou seulement d'en contrôler la marche la veille pour que l'événement que je regrette n'eût pas lieu[1]. Mais, en réalité, je n'ai jamais cessé d'être convaincu que les conditions le déterminant étaient en grand nombre et que chacune d'elles était déterminée par une foule d'autres, remontant fort loin dans le passé. Car enfin, pour que je puisse manquer mon train par le fait de ma montre, il fallait d'abord qu'il y eût des chemins de fer et des montres à ressort et à balancier, deux inventions modernes qui sont certainement des conséquences très directes de ce grand mouvement d'esprit qu'on appelle la Renaissance, qui a repris et continué l'œuvre admirable accomplie par l'esprit hellénique il y a plus de vingt siècles. Donc, en poussant l'analyse jusqu'au bout, je me vois convaincu que, si j'ai manqué mon train ce matin, Marathon et Salamine y étaient pour quelque chose, puisque ces deux batailles ont empêché que le despotisme persan n'écrasât dans l'œuf la culture grecque. Comme l'a dit Stuart Mill, « la cause réelle est le total des antécédents[2] ».

De tout cela, nous avons un vague sentiment. Mais précisément parce que nous sentons qu'il y a là un enchaînement dans lequel nous risquons de nous perdre, nous simplifions. Nous faisons abstraction de toutes les conditions, si essentielles qu'elles soient, au profit d'une seule que nous tenons à faire ressortir. J'ai omis de parler de l'invention des chemins de fer et des montres et me suis dégagé par là de toute tentation de remonter à la bataille de Marathon, et j'ai omis de même

1. « Dans l'ordre physique pur, aucune condition nécessaire n'est au fond plus cause qu'une autre. » Renouvier. *La méthode phénoméniste*. Année philosophique, 1890, p. 20.

2. John Stuart Mill. *A System of Logic*. Londres, 1884, p. 340.

une foule d'autres circonstances, parce que je croyais qu'elles étaient sans intérêt pour mon interlocuteur.

Ainsi, remonter aux causes, pour un phénomène quel qu'il soit, constitue une tâche impossible. Il faut la limiter, se contenter d'une satisfaction partielle. Voilà la raison pour laquelle, en parlant de causes, nous ressemblons tous aux enfants que satisfont les réponses les plus immédiates aux questions qu'ils posent ; ou plutôt à ce fidèle hindou auquel les brahmanes expliquent que la terre repose sur le dos d'un éléphant qui se tient sur une tortue, laquelle est juchée sur une baleine. Tout ce qui nous semble un pas dans la voie des explications, nous le décorons du nom de cause. Nous ne sommes donc pas choqués de ce que ce terme soit employé là où en réalité il est question d'une loi. C'est que la recherche de la loi est comprise dans celle de la cause. En effet, toutes les conditions que nous impose la légalité en ce qui concerne le temps et l'espace, la causalité les exige également; elle y ajoute une exigence de plus, celle de l'identité des objets dans le temps ; il est donc bien sûr que tant que le lien légal n'existera point, il ne saurait être question d'établir le lien causal ; en revanche, l'établissement du premier est toujours un pas dans la voie qui mène au second. Nous dirons par exemple que le bas point d'ébullition du pétrole est cause de ce qu'une tache faite avec ce liquide disparaît au bout de quelque temps. C'est que nous avons rattaché ainsi la disparition de la tache aux phénomènes d'ébullition. Si ces derniers (ainsi que nous le présumons) venaient à être expliqués, si nous connaissions leurs causes, celles de la disparition de la tache se trouveraient déterminées du même coup.

Nous procédons d'ailleurs de même en dehors du domaine des sciences physiques proprement dites. Quand nous parlons d'expliquer un phénomène, d'en rechercher les causes, nous cherchons à connaître soit sa préexistence dans le temps — ce qui est appliquer vraiment le postulat de causalité, — soit la règle empirique qui détermine son changement dans le temps — ce qui revient à n'appliquer que le postulat de la légalité, provisoirement et en attendant mieux. Et comme nous avons alors affaire à des phénomènes qui nous paraissent être, au point de vue proprement scientifique, d'une complication très grande — c'est même pour cette raison que nous n'en faisons pas entrer l'étude dans le domaine des sciences physiques proprement dites —, leur résolution con-

formément au postulat de causalité nous apparaît dans un lointain pour ainsi dire infini. C'est pourquoi ici cause et loi semblent être synonymes, se confondent presque. Quand un historien, pour expliquer la décadence de l'Empire romain, invoque des faits analogues qui se sont produits dans l'histoire d'autres peuples, quand le romancier psychologue « dévisse » son héros pour nous montrer que ses actions, si bizarres qu'elles puissent nous paraître, sont pourtant déterminées par des mobiles que nous connaissons bien chez les hommes de notre entourage et chez nous-mêmes, ils font appel à la légalité. Mais, bien entendu, chaque fois qu'ils le peuvent, ils auront soin de se conformer au postulat de causalité. L'historien alors nous exposera que les progrès du christianisme étaient dus à une tendance mystique antérieure et générale du monde antique, et le romancier psychologue nous fera voir que l'aveuglement fatal du héros était la conséquence de son tempérament passionné au fond, bien que les manifestations en eussent été réprimées auparavant par sa vie active. Loi ou identité dans le temps, c'est là ce qu'il y a au fond de toutes nos explications, même en dehors des sciences physiques, tantôt l'une, tantôt l'autre, le plus souvent l'une et l'autre mêlées sans que nous nous apercevions pour ainsi dire du mélange.

En dehors du trope que nous avons précisé, une autre circonstance encore obscurcit notre conscience au sujet du rôle de la causalité. C'est le manque de précision du terme de *cause*. La signification que nous venons d'établir n'en épuise pas le contenu tout entier. Il est facile de se rendre compte de cela, en pensant à un acte émané du libre-arbitre. Quand, par un acte de volition, je produis un changement extérieur, ou quand le croyant attribue un phénomène à l'intervention de la divinité (nous avons montré plus haut que ce sont là des concepts connexes), il est certain que je n'hésite point à parler de cause et d'effet. Or, il n'y a ici nulle identité possible, et, qui plus est, j'en ai l'intuition immédiate. Pas un seul instant je ne puis nourrir l'illusion que ma volonté soit quelque chose d'analogue au mouvement qu'elle produit ; il y a donc ici un concept de la causalité foncièrement différent de celui que nous venons d'étudier et qui est fondé sur l'identité. Pour marquer la distinction, nous désignerons ce dernier concept comme celui de la *causalité scientifique*, et appliquerons au premier le terme de *causalité théologique*, puisque

aussi bien, nous venons de le voir, la supposition de l'intervention de la divinité dans les événements de la nature le met en œuvre.

Convient-il de s'étonner que deux concepts aussi différents, aussi antagonistes que la causalité scientifique et la causalité théologique, puissent être désignés par le même terme ? On voit clairement ce qui constitue leur terrain commun : la cause est ce qui produit, ce qui doit produire l'effet. Dans l'un des deux cas, la conviction du lien qui réunit cause et effet me viendra de ce que j'aurai démontré l'identité fondamentale des deux termes : elle reposera sur un raisonnement ; dans l'autre cas, je la tirerai de mon acte de volition, qui constitue, comme Schopenhauer l'a fait ressortir, l'essence du moi. Le concept de cause est donc réellement double, appartenant en partie au monde de la raison et en partie à celui de la volonté. Il se pourrait même que cette dernière notion fût, au point de vue psychologique, antérieure à la première, c'est-à-dire que l'idée de liaison me vînt primitivement de ce que je sens pouvoir moi-même à mon gré exercer une action, l'identité venant se greffer sur ce concept primitif, devant le besoin de comprendre et l'impossibilité d'attribuer aux choses une volition analogue à la mienne. Quoi qu'il en soit de ce problème de psychologie métaphysique, il est certain que dans la science le second concept — celui de la causalité dérivée de l'identité et que nous avons pour cette raison appelée causalité scientifique — domine seul [1].

Nous avons, tout à l'heure, reconnu que le sauvage, et même l'animal, appliquent le principe de légalité. En est-il de même de celui de causalité ? Il semble difficile de l'affirmer en ce qui concerne l'animal. Le désir de comprendre, l'instinct philosophique, « l'étonnement de son propre être » comme dit Schopenhauer [2], nous semblent un privilège de l'homme ; nous verrons cependant plus tard qu'en un certain sens nous sommes bien forcés d'attribuer aux animaux des déductions causales. Nous ne saurions en tout cas nous représenter une intelligence humaine, quelque fruste que

1. Nous verrons plus tard, (p. 284) que, dans des limites très restreintes, la science est également forcée de faire usage d'un concept dérivé directement de celui de causalité théologique.

2. SCHOPENHAUER. *Die Welt als Wille und Vorstellung*, éd. Frauenstædt, vol. II, p. 175.

nous la supposions, sans lui attribuer des déductions de ce genre. L'enfant, dès qu'il sait s'exprimer, formule des *pourquoi* tellement abondants, qu'on est porté à croire que la tendance causale existait chez lui, obscure, bien avant la parole.

⁂

Nous allons, dans les pages qui vont suivre, rechercher quel est le rôle du postulat de causalité dans les sciences physiques. Nous espérons montrer que ce rôle est d'une importance primordiale, que ni l'évolution de la science dans le passé, ni son état présent ne s'expliquent si l'on en fait abstraction.

C'est en cherchant à comprendre le phénomène que nous appliquons le principe de causalité. C'est donc dans la partie de la science consacrée aux explications que nous devons le voir intervenir le plus manifestement.

Cette partie existe-t-elle ? Il est évident, en tout cas, qu'au point de vue des opinions de Berkeley, de Taine et de Helmholtz, elle constitue une anomalie ; du moment que la loi explique le phénomène, on ne conçoit pas qu'on cherche au delà. Il suffit d'ailleurs, pour bannir de la science toute recherche de l'explication proprement dite, de déclarer que le but assigné par nous plus haut à la partie empirique de la science, à celle qui comprend l'ensemble des lois, est celui de la science tout entière. Cette opinion a été formulée avec beaucoup de netteté par Auguste Comte[1]. Il résulte en effet du contexte du passage que nous avons cité plus haut (p. 11) que ce qu'il définit comme « l'usage des lois » lui apparaît également comme le but de « toute science ». Aussi Comte proscrit-il rigoureusement toute tentative consistant à chercher quelque chose au-delà de la loi. Il revient à plusieurs reprises sur cette interdiction qui constitue, on le sait, une des pierres angulaires de sa philosophie :

« Nous ne pouvons évidemment savoir ce que sont au fond

1. Comte partageait-il au fond l'opinion exprimée plus tard par Taine et confondait-il la loi et la cause ? On serait tenté de le croire, en voyant que l'identité entre la pesanteur des objets terrestres et l'attraction des astres lui paraît constituer la véritable explication mutuelle des deux ordres de phénomènes (*Cours*, vol. II, p. 169). Cependant on verra plus loin que Comte conçoit une cause « première ou finale » distincte de la loi, bien qu'il en proscrive la recherche.

cette action mutuelle des astres et cette pesanteur des corps terrestres : une tentative quelconque à cet égard serait de toute nécessité profondément illusoire aussi bien que parfaitement oiseuse ; les esprits entièrement étrangers aux études scientifiques peuvent seuls s'en occuper aujourd'hui [1]. » « Tous les bons esprits reconnaissent aujourd'hui que nos études réelles sont strictement circonscrites à l'analyse des phénomènes pour découvrir leurs lois effectives, c'est-à-dire leurs relations constantes de succession ou de similitude et ne peuvent nullement concerner leur nature intime, ni leur cause première ou finale, ni leur mode essentiel de production [2]. » Même si nous sommes appelés à formuler des suppositions, des hypothèses, elles doivent avoir pour unique objet une règle empirique encore inconnue : « Toute hypothèse physique, afin d'être réellement jugeable, doit exclusivement porter sur les lois des phénomènes et jamais sur leur mode de production [3]. »

A M. Mach aussi « l'économie d'effort » apparaît comme le but unique et définitif de la science. Il a appliqué avec beaucoup de rigueur ce principe à l'exposé de divers chapitres de la physique, et il a insisté particulièrement sur cette conception que la science ne saurait être que descriptive. Indépendamment de lui, un des plus grands physiciens du XIX[e] siècle, Kirchhoff, a soutenu la même idée. L'un et l'autre paraissent d'ailleurs avoir ignoré Comte qui exprime, nous venons de le voir, des vues très analogues [4].

L'attitude de Comte à l'égard des théories explicatives aboutit à les retrancher entièrement de la science. Le créateur du positivisme n'a pas reculé devant cette conséquence. C'est en partant de ce point de vue qu'il en arrive à nier que la théorie de l'ondulation, si magnifiquement développée par son grand contemporain Fresnel, ait exercé une influence quelconque sur le développement de l'optique [5]. Mais cette solution radi-

1. COMTE. *Ib.*, vol. II, p. 169.

2. *Ib.*, vol. II, p. 298.

3. *Ib.*, vol. II, p. 312.

4. L'analogie entre les opinions de Comte d'une part et de Kirchhoff et de M. Mach d'autre part, a été mise en lumière par M. KOZLOWSKI (*Psychologiczne Zrodla*, Varsovie 1899, p. 30 ; *Przeglad filozoficzny*, Varsovie, 1906, p. 193).

5. COMTE, *l. c.*, vol. II, p. 442. Dans d'autres cas, pourtant, Comte a formulé des opinions moins tranchées. Ainsi, s'il rejette l'éther, il admet la théorie corpusculaire de la matière qu'il proclame une « bonne hypothèse » (*Cours*, VI, p. 641). Il est probable qu'en cette circonstance Comte a obéi

cale a l'inconvénient d'être en contradiction avec les faits ; il suffit de jeter un coup d'œil sur l'évolution de la science pour se convaincre que la pratique des savants a été tout autre. Newton, dans les *Principes*, s'exprime en ces termes : « J'ai expliqué jusqu'ici les phénomènes célestes et ceux de la mer par la force de la gravitation, mais je n'ai assigné nulle part la cause de cette gravitation[1] », et plus loin : « Je n'ai pu encore parvenir à déduire des phénomènes la raison de ces propriétés de la gravité et je n'imagine point d'hypothèses[2] ». On a voulu quelquefois voir dans cet « *hypotheses non fingo* » une sorte de profession de foi, comme si Newton avait déclaré illégitime la recherche de l'hypothèse explicative. Parfois on s'est même imaginé que Newton avait rendu possible l'exécution de ce programme. « Toutes les hypothèses sont bannies » affirme Mussenbrœk en 1731[3], c'est-à-dire à un moment où l'autorité de Newton est à l'apogée, et c'est en exposant les théories de l'école newtonienne sur la force à distance, théories dont le caractère hypothétique est évident, que ce cri lui échappe. D'ailleurs, Newton lui-même, vers la fin de sa vie, semble assez enclin à attribuer à son célèbre énoncé un sens un peu prétentieux[4]. Or, le texte des passages mêmes que nous venons de citer prouve clairement que Newton avait recherché une hypothèse sans la trouver ; nous verrons plus tard (p. 66) que l'*Optique* nous a conservé des traces de ces recherches[5]. Sur ce point, tous les contemporains de Newton étaient au fond d'accord avec lui. Les uns supposaient l'existence de forces agissant à distance, alors que les autres construisaient des théories extrêmement compliquées, réduisant cette apparente action à distance à une action par contact.

moins à ses principes et davantage à son puissant instinct scientifique. Sa conception alors se rapproche sensiblement de celle qui tend à considérer ces hypothèses comme des artifices destinés à fixer notre pensée.

1. Newton. *Principes*, trad. Du Chastellet. Paris, 1759, vol. II, p. 178.

2. *Ib.*, p. 179.

3. Cf. Rosenberger. *Geschichte der Physik*. Braunschweig, 1884, vol. III, p. 3.

4. Cf. notamment dans Eddleston, *Correspondence of Sir Isaac Newton*, etc. Londres, 1850, la lettre de Cotes du 18 février 1713 et les réponses de Newton des 28 et 31 mars (p. 151-156).

5. On trouve également dans l'*Optique* un exposé complet des principes de la théorie atomique (cf. plus bas p. 393). On sait d'ailleurs que dans cette œuvre la théorie de l'émission, c'est-à-dire une hypothèse des mieux caractérisées sur le mode de production, joue un rôle considérable. Cf. sur le véritable sens de la déclaration de Newton, Appendice I, p. 413.

Mais, qu'ils fussent partisans ou adversaires de ce qu'on appelait les conceptions « newtoniennes », ils étaient d'accord pour estimer que le phénomène de la gravitation exigeait une explication. Or, ce qu'ils cherchaient, il n'est pas aisé de l'imaginer si l'on veut demeurer dans le domaine de la légalité pure. La loi de Newton est d'une simplicité merveilleuse; elle est, en outre, absolument générale, puisqu'elle embrasse la totalité de la matière. Sans doute, on peut concevoir des lois plus générales encore, et les contemporains de Newton ont pu prévoir que les phénomènes de la gravitation seraient un jour rattachés, par une règle commune, à telle ou telle autre série de phénomènes. Ce qui paraît étrange, c'est que, unanimement et impérieusement, ils aient réclamé *hic et nunc* cette « explication », c'est-à-dire quelque chose allant au delà de la loi, et il est presque superflu de faire ressortir que tout le monde, à commencer par Newton lui-même, se servait des termes *cause* ou *raison* pour indiquer l'objet de ces recherches. Nous pouvons le caractériser de plus près en remarquant que Leibniz, Huygens et tant d'autres après eux recherchaient une théorie mécanique de la gravitation et que, sans aucun doute, si l'on avait pu en présenter une valable, les partisans de la force à distance auraient été aussitôt forcés de l'agréer.

L'exemple que nous avons cité est-il exceptionnel? Il est, au contraire, tout à fait typique. Tout le monde sait que la science est remplie de ces théories ou hypothèses mécaniques. Sans doute, il existe des travaux scientifiques et même des livres exposant des chapitres entiers de la science, qui ne contiennent que des lois ou des suppositions relatives à des lois. Mais combien d'autres en diffèrent sur ce point! Les œuvres des protagonistes les plus illustres de la science — nous avons le choix entre les travaux de Laplace, de Lagrange, de Lavoisier, de Fresnel —, sont remplies d'hypothèses, et, plus près de nous, Maxwell, Lord Kelvin, Hertz, Cornu, M. H. Poincaré, pour ne citer qu'un petit nombre de noms illustres, ont consacré une partie importante de leurs travaux à ces théories.

Cependant la solution de Comte n'est pas la seule possible dans ce cas. Au lieu de supprimer brutalement les théories, on peut tenter de les faire rentrer dans le cadre de la science, c'est-à-dire dans celui des lois (d'après la conception de Comte et de M. Mach) en les assimilant à ces dernières.

Les lois établissent des rapports entre des éléments de fait

qui peuvent être directement observés et contrôlés. Quand je dis que la benzine bout à 80° ou que, traitée par le brome dans des conditions déterminées, elle fournit un corps qui bout à 154°, je ne fais qu'affirmer une série de faits que tout physicien, tout chimiste pourra vérifier : s'il n'y a pas de méprise sur ce que j'ai appelé benzine et si j'ai convenablement expliqué les conditions de l'expérience, celui qui la refera au laboratoire arrivera au même résultat.

Voici maintenant une hypothèse : la molécule de benzine contient six atomes de carbone posés en hexagone et rattachés alternativement par des liaisons simples et doubles. Toute vérification directe est évidemment impossible. Personne n'a jamais vu de molécule, ni d'atome, ni de liaison atomique, ni, à plus forte raison, cet hexagone dont il est question et personne, sans doute, ne les verra jamais.

Toutefois, si l'on a été amené à supposer ces choses, c'est bien parce qu'elles semblent correspondre à toute une série de faits qui nous sont connus par des expériences. Ce sont ces dernières, rattachées par des raisonnements plus ou moins probants, que je résume en parlant de l'hexagone. Pour nous servir d'une image familière au mathématicien, nous avons introduit un terme imaginaire qui s'éliminera dans la suite.

Donc, d'après cette conception, les théories n'ont aucune valeur, aucune vertu qui leur soit propre. Elles ne servent qu'à relier entre elles les lois, de manière provisoire. Leurs éléments hypothétiques n'ont pas plus d'existence que les expressions mathématiques dont nous nous servons dans l'énoncé de certaines lois. Ainsi, quand, pour formuler la loi de la réfraction, je dis que le quotient des deux sinus doit être égal à une constante, j'ai l'air de supposer l'existence de cette fonction. Mais ce n'est là qu'une apparence. Je suis, au fond, parfaitement convaincu qu'angle et sinus ne sont que des concepts que j'ai créés pour ma commodité, et je n'ai pas un instant supposé que la nature calculât à l'aide d'une table de logarithmes. De même les molécules, les atomes, les forces, l'éther dont il est si fréquemment question ne seraient que de purs concepts, tout comme les angles, les sinus et d'autres abstractions[1]. Les hypothèses ne seraient donc plus des suppositions sur la marche réelle de la nature, sur le

1. Berkeley (*De motu*, *Works*, éd. Fraser, Oxford 1871, vol. III, §39) formule avec beaucoup de précision cette analogie entre les concepts mathématiques et physiques.

mode de production, si énergiquement proscrites par Comte. Ce seraient de simples représentations figuratives, destinées à servir de memento, à « fixer les idées » comme on dit dans les mathématiques. Si je dis que la benzine contient six atomes de carbone posés en hexagone, je m'exprime inexactement; ce que je veux affirmer en réalité, c'est que la benzine se comporte à certains égards *comme si* elle était ainsi constituée. Donc, contrairement à l'apparence, je n'affirme pas l'existence de l'hexagone. Je m'en sers comme d'un terme commode, parce qu'il eût été trop compliqué d'établir un rapport direct entre divers élements qui sont pourtant tous des éléments de faits. « Les théories mathématiques, dit M. Poincaré en parlant de la théorie de l'ondulation, n'ont pas pour objet de nous révéler la véritable nature des choses; ce serait là une prétention déraisonnable. Leur but unique est de coordonner les lois physiques que l'expérience nous fait connaître, mais que, sans le secours des mathématiques, nous ne pourrions même énoncer[1]. » M. Duhem déclare de même que la théorie physique n'est pas une explication, mais un système de propositions mathématiques[2]; elle classifie les lois[3].

On peut, en effet, à l'aide d'un artifice de ce genre, assimiler les hypothèses aux lois, celles-ci pouvant être exprimées par des formules analogues à celle dont nous nous sommes servis pour les premières. Nous dirons donc que les corps célestes se meuvent *comme s'ils* s'attiraient proportionnellement à leurs masses et inversement au carré des distances, et aussi que le rayon lumineux se comporte *comme si* les sinus des angles d'incidence et de réfraction devaient observer une certaine proportion. Mais on remarquera que cette manière de s'exprimer paraît naturelle pour la loi de la gravitation (laquelle d'ailleurs a été, en fait, énoncée par Newton à peu près sous cette forme) et non pas pour celle des sinus. C'est que la loi de Newton contient véritablement une hypothèse, une supposition sur la marche réelle des choses, alors que, pour les angles et les sinus, il ne s'agit que d'êtres de notre imagination; par conséquent, la précaution nous paraît ici complètement superflue.

En d'autres termes, l'assimilation que nous venons de tenter est purement artificielle. Il y a un véritable abîme

1. H. Poincaré. *Leçons sur la théorie mathématique de la lumière*. Paris, 1889, p. I.

2. P. Duhem. *La théorie physique*. Paris, 1906, p. 26.

3. *Ib.*, p. 33.

entre les concepts physiques et les abstractions mathématiques; déclarer que l'atome de carbone est la limite d'une série de concepts tout comme le point, la ligne ou l'infiniment petit, c'est vraiment violenter notre entendement.

Il ne peut, d'ailleurs, y avoir le moindre doute en ce qui concerne l'opinion que professaient, au sujet des hypothèses, les savants du passé. M. Duhem, dont la très grande autorité en ces matières se trouve ici doublée du fait de ses idées personnelles, diamétralement opposées à cette manière de voir, écrit : « Que plusieurs des génies auxquels nous devons la physique moderne aient construit leurs théories dans l'espoir de donner une explication des phénomènes naturels, que quelques-uns même aient cru avoir saisi cette explication, cela n'est pas douteux[1]. » Il constate aussi que les grandes théories scientifiques, et notamment les doctrines des péripatéticiens, des atomistes, de Descartes, de Boscovich étaient entièrement dominées par des conceptions métaphysiques et n'étaient par le fait que le prolongement de systèmes philosophiques[2], preuve évidente que les unes et les autres visaient le même but, à savoir l'explication de la réalité. Mais, même en parcourant les travaux de ceux qui se servent actuellement de ces concepts hypothétiques, sans excepter les plus prudents d'entre eux, on sent qu'ils leur attribuent un tout autre degré de réalité qu'à un pur concept mathématique. Sans doute, les affirmations explicites de réalité sont devenues un peu plus rares tout récemment : les anathèmes de Comte et de M. Mach y sont certainement pour quelque chose, et aussi certains travaux de critique, tels que ceux de Stallo et de Hannequin dont il sera question plus loin; mais la principale raison est probablement dans le fait que les hypothèses scientifiques elles-mêmes sont justement en train de subir une transformation profonde, de « muer », si l'on ose se servir de ce terme. Il n'empêche que les savants, dès qu'ils mettent en jeu les atomes et l'éther, raisonnent implicitement comme si c'étaient non pas des concepts, mais des choses réelles, voire même les seules choses réelles, puisqu'elles doivent expliquer toute réalité. Loin de limiter la science aux lois, ou de considérer les hypothèses comme un surrogat provisoire à des lois futures, les savants subordonnent mani-

1. P. Duhem. *Ib.*, p. 46.
2. *Ib.*, p. 11 ss.

festement et constamment les secondes aux premières. M. Duhem nous fournit d'excellents exemples de cette subordination[1]. Ainsi, quand l'optique range les phénomènes du prisme et de l'arc-en-ciel dans la même catégorie, alors que les anneaux de Newton sont classés avec les franges d'interférence de Young et de Fresnel, ou quand la biologie traite la vessie natatoire des poissons comme homologue au poumon des mammifères, l'une et l'autre de ces sciences obéissent à des considérations de pure théorie, à des conceptions hypothétiques. Le physicien, soit qu'il ramène tout à la mécanique, soit que, adoptant un ordre d'idées plus récent, il considère au contraire comme fondamentaux les phénomènes électriques, a implicitement la prétention de nous *expliquer* la nature à l'aide de sa théorie. Et l'anomalie la plus flagrante qu'on découvrira dans l'application d'une loi (par exemple le phénomène de Gouy à l'égard de l'impossibilité du mouvement perpétuel) paraîtra *expliquée* dès que la théorie pourra en rendre compte.

Telle est, incontestablement, la pratique des savants. Mais s'ensuit-il qu'elle soit juste? Nous avons coutume de traiter d'erronées les voies qu'à certaines époques la science a suivies, par exemple quand elle cherchait à expliquer les phénomènes à l'aide de qualités substantielles. Ne se peut-il pas qu'il y ait dans cette tendance de la science à édifier des théories explicatives, tendance dont on ne saurait nier la réalité, une propension vicieuse et dont il conviendrait de la garder dans la mesure du possible? Nous avons vu que c'était là l'avis de Comte; M. Mach, au fond, n'est pas loin d'être d'accord avec lui. M. Duhem aussi estime que les savants ont été et sont encore victimes d'une illusion, pareille à celle qui faisait entrevoir aux explorateurs espagnols le fabuleux Eldorado. La recherche de l'explication n'est pas le fil d'Ariane susceptible de nous guider dans le labyrinthe des phénomènes; la partie explicative de la science n'est qu'une excroissance parasite[2].

Pour essayer de trancher cette question, examinons d'abord les théories scientifiques en elles-mêmes. C'est une tâche dont l'accomplissement est grandement facilité par les travaux remarquables qui ont été consacrés à ce sujet, et au nombre

1. P. Duhem. *Ib*. p. 33, 35.
2. *Ib*., p. 46-47.

desquels nous mentionnerons surtout à cette place les livres de Lange, de Stallo, de Hannequin et de M. Duhem[1].

Mais, avant d'entrer dans le fond de la question, formulons une restriction : nous ferons d'abord abstraction, dans le courant du chapitre qui va suivre, de la phase la plus récente des conceptions théoriques, qui est celle des théories électriques, et nous nous contenterons d'envisager l'ensemble des hypothèses sur la constitution de la matière telles qu'elles paraissaient dominer la science il y a peu d'années. Notre principale raison pour procéder ainsi, c'est que les nouvelles théories électriques, se trouvant encore, dans une grande mesure, en voie d'élaboration, offrent par cela même, à notre point de vue, un sujet d'études moins propice que leurs aînées, les théories mécaniques, plus avancées au point de vue de leur évolution. Au surplus, ce n'est qu'avec une exagération évidente qu'on pourrait traiter cette phase de la science comme appartenant entièrement au passé. Beaucoup de physiciens, parmi les plus autorisés, protesteraient sans doute contre une telle prétention. Les uns, parce qu'ils n'acceptent pas ou n'acceptent que très incomplètement les idées nouvelles ; les autres parce que, tout en adoptant ces théories, ils les considèrent, plus ou moins consciemment, comme une simple étape : on ramènera bien, momentanément, toute la diversité des phénomènes naturels, y compris ceux de la mécanique, à l'électricité, mais plus tard l'électricité elle-même se trouvera expliquée par une modification encore indéterminée du milieu hypothétique, une sorte de tension locale qu'évidemment on voudrait faire apparaître comme purement mécanique.

Ce n'est qu'après avoir étudié les théories proprement mécaniques que nous passerons à l'examen de l'hypothèse électrique, examen qui, nous l'espérons, tendra à confirmer les résultats précédemment acquis.

1. J. B. Stallo. *La matière et la physique moderne*, 3e éd., Paris, 1899. Nous avons déjà cité les titres des autres ouvrages.

CHAPITRE II

LES THÉORIES MÉCANIQUES

En parcourant un livre de vulgarisation scientifique ou de philosophie matérialiste (citons, en guise d'exemple, les *Enigmes de l'univers* de M. Ernest Haeckel[1], le célèbre biologiste), on pourrait concevoir l'idée que la théorie mécanique est une conception logique, complète et achevée, applicable directement sinon à la totalité, du moins à l'immense majorité des phénomènes naturels. Mais il suffit d'y regarder d'un peu plus près pour s'apercevoir que c'est là une illusion. Que tous les phénomènes de la matière organisée dussent s'expliquer par ceux de la matière inorganisée, c'est ce qui a sans doute toujours été postulé par un grand nombre de penseurs. « Je suppose, dit Descartes, que le corps (de l'homme) n'est autre chose qu'une statue ou machine de terre[2]. » Leibniz écrit : « Tout ce qui se fait dans le corps de l'homme et de tout animal, est aussi mécanique que ce qui se fait dans une montre[3] » et, au XIXe siècle, Claude Bernard affirme de même qu'il ne saurait y avoir de barrière « entre la science des corps vivants et celle des corps bruts[4]. » Mais ce sont là, en réalité, de simples postulats et tout observateur impartial est obligé de reconnaître que si quelques progrès ont été accomplis dans cette voie, grâce notamment aux conceptions qui se rattachent aux noms de Lamarck et de Darwin, si, d'autre part, grâce à quelques travaux comme ceux de M. Jagadis-Chunder Bose[5], de

1. Ernest Hæckel. *Les énigmes de l'univers*, trad. Camille Bos. Paris, 1902.

2. Descartes. *L'homme*, éd. Cousin. Paris, 1824, p. 335.

3. Leibniz. *Opera*, éd. Erdmann, p. 777.

4. Claude Bernard. *Leçons sur les phénomènes de la vie*. Paris, 1879, vol. II, p. 401.

5. Jagadis-Chunder Bose. *De la généralité des phénomènes moléculaires*, etc. Congrès international de Physique. Paris, 1900, vol. III, p. 584 ss.

Traube, de A. L. Herrera, de M. St. Leduc[1], nous commençons à entrevoir de vagues analogies entre la matière brute et la matière vivante, ce qui a été fait est véritablement peu de chose en regard de ce qui reste à faire. A vrai dire, c'est à peine si l'on peut distinguer, dans les doctrines physiologiques actuelles, les traces les plus faibles d'explications mécaniques. Que l'on y songe : Voici deux germes entre lesquels l'examen microscopique le plus minutieux n'est pas capable de découvrir la moindre différence; et pourtant, l'un est un germe d'homme et l'autre un germe de chat. Or, il faut bien que les différences y soient. Et il faut même que pour deux hommes qui, chacun, ressembleront à leur père, toutes les particularités de leur évolution ultérieure, les différences infiniment ténues qui les distingueront l'un de l'autre, s'expliquent par des arrangements mécaniques dans ces germes.

Ces difficultés ont été maintes fois exposées et Ed. von Hartmann, dans un de ses derniers mémoires, en a donné un excellent résumé[2]. Mais, dans la science inorganique même, que d'illogismes! Sans doute, il est question dans presque tous les chapitres d'atomes et de molécules. Mais on s'abuserait en croyant qu'il s'agit, sous ces noms, d'un chapitre à l'autre, de conceptions identiques ou même très analogues. Ainsi, la chimie, depuis Dalton et Avogadro, paraît être, à première vue, le champ d'élection des théories mécaniques. On y parle sans cesse de ces atomes et de ces molécules, et même de formules de « constitution », prétendant indiquer leur arrangement dans l'espace. Mais c'est pure apparence. L'atome chimique, avec ses multiples et mystérieuses qualités qui, tout aussi mystérieusement, en engendrent d'autres dans la molécule, a peu de commun, hormis le nom, avec l'atome de la théorie mécanique dont la caractéristique essentielle est de ne posséder qu'une seule propriété, la masse, et de ne connaître qu'un seul mode d'action. C'est à peine si les travaux les plus récents, se rattachant à la théorie des *ions* de M. Svante Arrhénius, font entrevoir la possibilité d'une transition (sinon d'une conciliation) entre ces concepts antagonistes. Et ce contraste est tellement choquant qu'on a vu un des théoriciens

1. Stéphane Leduc. *Les lois de la biogenèse*. Revue Scientifique, 24 fév. et 3 mars 1906.

2. Ed. v. Hartmann. *Mechanismus und Vitalismus in der modernen Biologie*. Archiv fuer systematische Philosophie, IX, 1903.

de la chimie, parmi les plus autorisés[1], après de longues et infructueuses tentatives, désespérer publiquement de toute possibilité de succès dans cet ordre d'études et chercher des solutions dans une voie toute différente.

En physique, il n'existe en réalité de théorie mécanique valable que pour les phénomènes de l'état gazeux auxquels des travaux récents permettent d'assimiler, à certains points de vue, ceux qui se produisent dans des solutions étendues. Quant aux diverses formes de l'énergie, leur unification a fait un progrès immense par les travaux de Hertz confirmant les vues si pénétrantes de Maxwell sur l'identité de l'électricité et de la lumière. Mais il s'en faut de beaucoup que la réduction des diverses formes de l'énergie au mouvement mécanique soit un fait accompli. Il y a même incontestablement un recul à cet égard. En effet, de par la théorie de Fresnel, la lumière se trouvait ramenée à des ondulations de l'éther, mouvement indéterminé à certains égards d'un milieu moins déterminé encore, mais mouvement dont on postulait expressément la nature purement mécanique. Mais, à l'heure actuelle, la lumière est un phénomène électrique. Or, à aucun moment, depuis que les phénomènes électriques font partie de la science, on n'a rien formulé qui pût, de près ou de loin, passer pour une théorie mécanique consistante de ces phénomènes. Ce n'est pas faute de l'avoir cherché. Un des plus grands théoriciens de la science de tous les temps, Clerk Maxwell, a, comme on sait, consacré des efforts incessants à cette tâche. Il s'est donné une peine infinie pour établir dans chaque cas la *possibilité* d'une explication mécanique. Mais, bien souvent, il a dû arrêter là son effort et quand, au contraire, il a tenté de préciser ses idées, il n'a abouti qu'à des images contradictoires. M. Poincaré, qui est sans doute, parmi les vivants, le juge le plus compétent en cette matière, a nettement exposé, en dépit de sa profonde admiration pour Maxwell, l'hésitation que tout esprit logique éprouve forcément devant cette partie de l'œuvre du grand théoricien[2]. On n'a d'ailleurs qu'à ouvrir un livre plus récent, tel que celui de M. O. Lodge[3] et à considérer les modèles mécaniques, d'ailleurs extrêmement ingénieux, proposés par cet éminent physicien, pour se

1. Ostwald. *Lettre sur l'énergétique*. Revue générale des sciences, 30 décembre 1895, p. 1071.

2. H. Poincaré. *Électricité et Optique*. Paris, 1901, p. III et ss.

3. O. Lodge. *Les théories modernes de l'électricité*. Paris, 1891.

rendre compte que la question n'a pas beaucoup progressé depuis. C'est, remarquons-le en passant, ce recul manifeste de la théorie mécanique qui explique en grande partie la naissance de la tendance contraire, celle qui consiste à vouloir ramener les phénomènes mécaniques à ceux que présente l'électricité.

Même en faisant abstraction de cette évolution et en considérant le passé, récent encore, on s'aperçoit aisément qu'aux plus beaux jours de la théorie de Fresnel il ne pouvait pas être question, au fond, d'une réduction mécanique complète. C'est que si l'ondulation, le mouvement, fournissait à l'esprit une image suffisamment claire, le substrat de ce mouvement, l'éther, demeurait enveloppé des ténèbres les plus épaisses. Les difficultés et les contradictions entre lesquelles se débattent tous ceux qui ont cherché à se former une idée quelque peu précise de ce « milieu » qu'on est forcé de concevoir tantôt comme continu et tantôt comme composé de particules discrètes, à la fois comme un gaz extrêmement raréfié et comme un solide infiniment plus rigide que l'acier, ont été tant de fois exposées que nous croyons inutile d'y insister davantage[1]. Une difficulté particulière qui occupe beaucoup les physiciens depuis quelques années, est celle résultant des travaux de MM. Michelson et Morley, qu'on ne parvient pas à concilier avec la théorie de l'aberration de Bradley, de sorte qu'il est permis de dire qu'à l'heure actuelle nous ne saurions nous imaginer l'éther qui nous entoure ni comme étant en repos, ni comme suivant la terre dans son mouvement, ou plutôt que nous sommes obligés de faire alternativement l'une et l'autre supposition.

Les difficultés que nous venons d'exposer et dont on pourrait presque indéfiniment allonger l'énumération, sont, on le voit, très considérables. Mais ce serait faire fausse route que de s'en exagérer la portée. Sont-elles absolument

1. On trouvera un exposé de ces difficultés chez Stallo, *l. c.*, notamment p. 71 ss., et chez Hannequin, *l. c.*, p. 178-224. Cf. aussi à ce sujet Stewart et Tait. L'univers invisible, Paris, 1883, p. 194 ss, et H. Bouasse. *De la nature des explications*, etc. Revue de métaphysique, vol. II, 1894, pp. 312 ss. Les maîtres de la science ont d'ailleurs eux-mêmes reconnu le caractère contradictoire de ces suppositions. Cf. Maxwell, *On the Dynamical Evidence*, etc. *Scientific Papers*. Cambridge, 1890, vol. II, p. 433 ss. et *On the Dynamical Theory*, *ib.*, p. 26. Hertz, *Ueber die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizitæt*, *Gesammelte Werke*. Leipzig, 1896, vol. Ier, p. 341. H. Poincaré, *Électricité et Optique*. Paris, 1890, vol. Ier, p. 88 ss. *La science et l'hypothèse*, Paris, s. d., p. 198 ss.

insolubles? On l'a souvent affirmé, mais sans en fournir une démonstration tant soit peu valable, et il ne semble pas douteux que l'on a souvent poussé trop loin, en cette matière, le « dogmatisme négatif ». Ainsi, Spir a nié que la théorie mécanique puisse jamais embrasser, non seulement les phénomènes organiques, mais encore la diversité des substances chimiques[1]. Hannequin a déclaré qu'il faudrait toujours un éther spécifique pour chaque classe de phénomènes, les propriétés de ces divers milieux étant « profondément opposées et nettement inconciliables[2] » et a rejeté, en particulier, la théorie électro-magnétique de la lumière[3]; d'après lui, en descendant à l'atome, la théorie crée simplement « un microcosme où se trouvent rassemblés tous les traits essentiels qu'elle a pour mission d'expliquer »; on « la surprend toujours par une voie ou une autre transportant à l'atome et à l'individu les qualités requises par le tout qu'il compose[4]. » Nous verrons plus tard qu'il y a une part de vérité dans ces négations, si l'on comprend sous le terme *qualité* son *quid proprium* en tant que sensation. Mais si on les prend à la lettre, elles sont certainement inexactes. Si les théories scientifiques étaient à ce point stériles, elles n'auraient même pas une valeur d'apparente explication et seraient, du même coup, inutilisables au point de vue de la liaison à opérer entre les lois; on ne comprendrait vraiment pas que l'humanité se fût attardée si longtemps et s'attardât encore à des jeux aussi vains, son illusion même devenant proprement inexplicable.

En réalité, il est tout à fait impossible de poser des bornes à l'explication scientifique dans cet ordre d'idées. Bien des obstacles qui paraissaient à peu près infranchissables à un moment donné ont été vaincus ou tournés. Ces différences qui subsistent entre les diverses classes de phénomènes, les savants, au lieu de les accepter comme ultimes, s'efforcent au contraire, par de patientes recherches poussées de tous côtés, de les réduire peu à peu. Il est certain que la théorie électro-magnétique de la lumière a été dans cette direction un pas immense; de même la théorie des *ions*, qui semble mon-

1. Spir. *Pensée et réalité*, p. 413.

2. Hannequin, *l. c.*, p. 227.

3. *Ib.*, p. 217, 222, 223. L'élasticité des deux milieux (électrique et luminifère) accuse « une différence profonde et vraisemblablement irréductible ». C'est là une « opposition fondamentale et vraisemblablement définitive ».

4. *Ib.*, p. 231, 237.

trer la voie par où il sera possible finalement de faire disparaître la spécificité des phénomènes chimiques ; de même enfin la théorie électrique de la masse qui rattache le phénomène mécanique au phénomène électrique. Pour mentionner encore un point particulier : la théorie purement mécanique de l'éther se trouve un peu délaissée depuis quelques années par suite de la prédominance des théories électriques ; mais on peut voir, par un travail présenté par lord Kelvin au Congrès international de physique de 1900[1], que l'opposition entre les diverses propriétés en apparence si discordantes de ce milieu hypothétique s'était déjà sensiblement atténuée. Si donc la faveur devait revenir un jour aux théories purement mécaniques — ce qui, après tout, est possible — il n'est pas dit qu'on ne trouvera pas moyen de concilier plus ou moins les divergences en question. En tout cas, cet espoir ne nous est pas interdit, car, encore une fois, on n'a jamais prouvé que la tâche fût impossible.

Mais si l'on pénètre tout au fond des théories mécaniques, un obstacle se révèle d'une nature très différente de ceux dont nous venons de traiter.

Toutes les hypothèses mécaniques présentent ce trait commun qu'elles cherchent à expliquer les phénomènes de la nature à l'aide du mouvement : c'est pourquoi on les a désignées aussi quelquefois par le vocable de *cinétiques*, qu'on a pourtant appliqué plus souvent à une théorie particulière de l'état gazeux. Outre le mouvement, ces théories se servent encore des concepts de masse et de force, quelquefois de l'un des deux seulement, mais plus souvent des deux concurremment. Pour notre analyse, il convient de distinguer ces trois classes. Nous désignerons comme *corpusculaires* (terme inventé par Boyle[2] et qui semble les caractériser assez bien), celles qui ne font usage que de masse et de mouvement, et nous appelle-

1. Lord Kelvin. *Sur le mouvement d'un solide élastique*, etc. Congrès international de physique de 1900, vol. II, notamment p. 21-22.

2. Boyle. *Works*. Londres, 1772, vol. III, p. 5. Il est certainement regrettable, au point de vue de la clarté des nomenclatures, que les créateurs de la théorie électrique de la matière aient cru devoir employer ce terme pour désigner l'élément ultime postulé par eux. Mais on croit deviner les motifs, très probablement inconscients, qui les ont guidés. Cet élément, étant un phénomène purement électrique, n'a plus rien de proprement matériel et ne se trouve donc plus rattaché par rien à notre sensation (Cf. p. 90 et 282-283). Le nom par lequel on le désigne crée au moins un lien factice là où toute autre liaison fait manifestement défaut.

rons *dynamiques* celles qui ne se servent que de force et de mouvement. Ce terme a été quelquefois employé dans un sens très différent[1], mais il suffit d'en fixer la signification. Enfin, nous ne connaissons pas de terme spécial applicable aux théories qui emploient à la fois les concepts de force et de masse.

Ce sont les hypothèses corpusculaires qui ont paru de tout temps les plus satisfaisantes au point de vue théorique. Beaucoup de théoriciens de la science ont cru, pendant une certaine période, à la possibilité de réduire tous les phénomènes aux seuls termes de masse et de mouvement. D'aucuns même croyaient cette réduction prochaine. Les tentatives récentes de grands physiciens, Lord Kelvin et Hertz, montrent que les savants n'ont pas encore abandonné tout espoir de se débarrasser de ce concept de force qui paraît à certains d'entre eux un scandale.

Il est aisé de se rendre compte d'où viennent les difficultés. Les théories corpusculaires — on le voit clairement par la théorie cinétique des gaz qui est la seule partie vraiment achevée du système — supposent l'existence de particules séparées, atomes ou molécules. C'est à dessein que nous nous sommes servis de cette expression indéterminée de *particules*, alors que, bien souvent, on emploie celle de *particules de matière*. La matière est un concept complexe ; elle a une température, une couleur, quelquefois une saveur. Les corpuscules sont dépouillés de toutes ces propriétés ; ils n'ont gardé, de la matière, que quelques caractéristiques dont la principale est la masse. Mais celle-là leur est essentielle. Il faut en effet, de toute nécessité, qu'ils puissent agir les uns sur les autres.

Cette action ne saurait s'opérer, de toute évidence, que par le choc. Cela se voit clairement dans la théorie cinétique des gaz. Mais, quoique l'*Hydrodynamica* de Daniel Bernoulli, où cette théorie se trouve ébauchée pour la première fois, n'ait paru qu'en 1738, on ne sera pas étonné de constater que le problème avait été agité par Leibniz et par Huygens bien avant cette époque : nous venons de voir, en effet, que l'action par le choc constitue l'élément essentiel, non pas de la théorie des gaz seule, mais de toute théorie corpusculaire. On peut ainsi se convaincre, en étudiant les écrits de ces

1. Cf. Hertz. *Gesammelte Werke*, vol. III, p. 31.

deux grands savants, que la question n'a pas fait beaucoup de progrès depuis leur temps.

Mais restons, pour le moment, dans le domaine de la théorie des gaz, plus familier à nos contemporains. On sait que la pression y est représentée comme résultant du choc de particules multiples les unes contre les autres et contre les parois du vase qui les enferme. Comme nous savons par l'expérience que la pression exercée par un gaz dans un vase bien clos et de matière imperméable ne diminue pas avec le temps (à moins, bien entendu, qu'il y ait réaction chimique entre le gaz et la paroi), il s'ensuit que dans les chocs extrêmement nombreux entre les molécules la force vive a dû rester constante.

Nous connaissons des corps qui se comportent à peu près de cette manière : nous les appelons *élastiques*. Nous dirons donc que les molécules des gaz doivent être considérées comme des corps parfaitement élastiques [1], à peu près comme des billes de billard très perfectionnées ; d'ailleurs, c'est aux billes de billard que les physiciens ont surtout l'habitude de penser en parlant des chocs des atomes. Comment se manifeste l'élasticité de la bille de billard ? Voyons ce qui se passe quand une bille en frappe une autre ou frappe la bande. La bande cède tout d'abord et la bille s'aplatit un peu ; ensuite bande et bille reviennent à leur forme primitive et le rejet de la bille en est la conséquence. Mais pourquoi les déformations, une fois produites, n'ont-elles pas persisté ?

On a tenté, quelquefois, d'esquiver la nécessité d'une explication sur ce point. Dans le choc de corps imparfaitement élastiques, une partie de l'énergie cinétique disparaît ou plutôt se transforme pour se manifester par la déformation des corps et l'accroissement de leur température. Or les molécules sont, par définition, indéformables et, d'ailleurs, elles ne sauraient s'échauffer, puisque c'est précisément leur mouvement qui constitue la chaleur. Par conséquent, nous dit-on, étant donné que l'énergie doit rester et qu'elle ne saurait, en l'espèce, se

1. Cette condition de l'élasticité parfaite a été clairement postulée par Leibniz, *Essay de Dynamique*, *Mathematische Schriften*, éd. Gerhardt, Halle, 1860, vol. VI, p. 228 : « Or cette élasticité des corps est nécessaire à la nature pour obtenir l'exécution des grandes et belles lois que son auteur infiniment sage s'est proposé... » On trouvera chez Stallo, *l. c.*, p. 24, tout un choix de passages de Krœnig, de Clausius, de Cl. Maxwell et de Lord Kelvin, démontrant que ces créateurs de la théorie des gaz ont également dû insister sur le même postulat.



transformer en autre chose, nous devons forcément, après le choc, la retrouver comme énergie cinétique, c'est-à-dire comme force vive[1].

Mais c'est là, vraiment, retourner le problème de manière fort illégitime. La conservation de l'énergie, nous le verrons, n'est pas un axiome et nul ne saurait prétendre que sa disparition fût inimaginable. Si la pression est le résultat de chocs moléculaires, il faut que la force vive se conserve; produire cette affirmation, c'est simplement constater que la pression du gaz se maintient, c'est-à-dire énoncer une loi et formuler le problème qu'il s'agit de résoudre, et non pas en fournir une solution. Ce que nous demanderions, c'est une théorie nous expliquant *comment* cela peut se faire mécaniquement, sans qu'on ait besoin de doter les molécules d'une force élastique spéciale.

On peut encore aborder ce problème d'un autre côté. Nous pouvons nous imaginer des corps élastiques et qui, au choc, se déforment de moins en moins. A la limite, la déformation sera nulle et le corps, parfaitement élastique, conservera au choc la totalité de sa force vive. Mais, d'un autre côté, comme le corps en question ne se déforme point, nous pourrons aussi le considérer comme absolument inélastique, et, dès lors, au choc central de deux molécules de vitesses égales et contraires, ces dernières se neutraliseront simplement et les molécules demeureront en repos. C'est-à-dire qu'au point de vue purement rationnel, chaque fois que deux molécules se rencontreront, il y aura indétermination absolue quant aux conséquences — ce qui, évidemment, est contraire au déterminisme qui est la base de toute science.

Il est curieux de constater, par un passage de l'*Optique* de Newton, que des arguments analogues à ceux tirés de la conservation de l'énergie avaient été mis en avant dès son temps. Ceux-là seuls songeront à s'en étonner pour qui l'historique du principe de la conservation de l'énergie commence avec Mayer et Joule; mais en réalité, depuis Huygens et Leibniz, le principe de la conservation de la force vive servait déjà, dans bien des occasions, aux mêmes fins. « Si deux corps

1. Une théorie de ce genre a été, entre autres, formulée par M. Lasswitz, *Geschichte der Atomistik*. Hambourg, 1890, vol. II, p. 368 ss. M. Kozlowski (*Zosady*, p. 188) en paraît partisan. Kroman (*Unsere Naturerkenntniss*, Copenhague, 1883), p. 310 ss.) et Hannequin (*l. c.*, p. 133-134) l'ont réfutée à bon droit.



égaux, dit Newton, se rencontrent directement dans le vide, ils s'arrêteront, en vertu de la loi du mouvement, là où ils se rencontreront, perdront tout leur mouvement et resteront en repos, à moins qu'ils ne soient élastiques et que leur élasticité les dote d'un mouvement nouveau.

« Si l'on fait valoir qu'ils ne peuvent perdre de mouvement, sinon ce qu'ils en communiquent à d'autres corps, il s'ensuit que dans le vide ils ne sauraient perdre aucun mouvement mais, quand ils se rencontreront, doivent continuer leur chemin et pénétrer mutuellement l'un l'étendue de l'autre[1] ».

On le voit, Newton ne traite pas très sérieusement le postulat consistant à considérer la conservation de la force vive comme axiomatique ; évidemment, ce principe ne pouvait, à beaucoup près, prétendre à l'autorité dont jouit de nos jours celui de la conservation de l'énergie. Mais ce qu'il y a surtout de remarquable dans ces quelques lignes, c'est qu'il établit que non seulement l'élasticité, mais encore la dureté des corps a besoin d'explication. Nous reviendrons tout à l'heure sur ce point.

Aussi longtemps qu'il s'agit de billes de billard, il n'est d'ailleurs pas trop difficile, sinon de résoudre la difficulté, du moins de la reculer. Nous pouvons supposer que la tendance au retour à la forme primitive manifestée par la bille et la bande n'est qu'une apparence, et qu'en réalité elle est due à des mouvements moléculaires que nous laissons indéterminés. Mais quand il s'agit du choc des molécules elles-mêmes, nous n'avons plus cette ressource. Si nous supposons alors que leur élasticité est due à des mouvements d'un milieu plus ténu, comme il nous faudra expliquer à son tour l'élasticité de ce milieu, nous devrons en imaginer un autre plus ténu encore, et ainsi à l'infini. C'est une conséquence que Leibniz a aperçue clairement, et qui, d'ailleurs, ne l'a pas fait reculer, comme on peut le voir par un passage de son *Essai de dynamique*[2]. Mais les physiciens modernes refuseront certainement de le suivre dans cette voie.

1. Newton. *Opticks*, 3e éd. Londres 1721, p. 373. « If two equal Bodies meet directly *in vacuo*, they will by the laws of Motion, stop where they meet and lose all their Motion and remain in rest, unless they be elastick and receive new Motion from their Spring... If it be said, that they can lose no Motion but what they communicate to other Bodies, the consequence is, that *in vacuo* they can lose no Motion, but when they meet must go on and penetrate one another Dimensions. »

2. Leibniz, *Mathematische Schriften*, éd. Gerhardt, vol. VI, p. 228. « Je

L'élasticité des molécules ne peut-elle pas être due à des mouvements des masses pondérables elles-mêmes? Des tentatives multiples ont été faites dans cette direction. C'est ainsi que le P. Secchi a cru pouvoir fonder une explication sur une proposition de Poinsot et cette théorie qui ne se fondait, en fait, que sur une simple méprise de l'astronome italien[1], a eu depuis, auprès des philosophes, une fortune assez peu méritée[2]. Les essais de Lord Kelvin et de Hertz sont beaucoup plus remarquables. Mais dès qu'on serre le problème d'un peu près, on se heurte toujours, comme l'a constaté Boltzmann[3], à d'énormes difficultés, en ce sens que la complication des hypothèses auxiliaires et des constructions devient très grande, sans que, d'ailleurs, on soit parvenu à représenter d'une manière satisfaisante même le phénomène le plus simple. Or, la complication constitue ici un défaut rédhibitoire. L'atome, nous le sentons parfaitement, s'il doit réellement expliquer quelque chose, doit être simple. Attribuer aux atomes une construction et des mouvements compliqués, c'est, en effet, leur supposer des parties différenciées, postuler la solidarité, la cohésion de ces parties. Quand on me parle d'atomes, je ne les conçois pas distinctement et leur suppose une sorte d'unité toute idéale. Dès lors leur rigidité me choque moins, bien que, au fond, la difficulté soit la même. Mais ici je la sens du premier coup, et je m'aperçois que l'atome dur demande autant à être expliqué que l'atome élastique.

n'adjouteray qu'une Remarque qui est que plusieurs distinguent entre les corps durs et mols, et les durs même en elastiques ou non et batissent là dessus des differentes regles. Mais on peut prendre les corps naturellement pour Durs-Elastiques, sans nier pourtant que l'Elasticité doit tousjours venir d'un fluide plus subtil et penetrant dont le mouvement est troublé par la tension ou par le changement de l'Elastique. Et, comme ce fluide doit estre composé luy-même à son tour des petits corps solides elastiques entre eux, on voit bien que cette Replication des Solides et des Fluides va à l'infini. »

1. Cf. à ce sujet Stallo. *l. c.* p. 29.

2. Cf. Alfred Fouillée. *Le mouvement idéaliste*, Paris, 1896, p. 118. *Le mouvement positiviste*. Paris, 1896, p. 136.

3. Boltzmann. *Anfrage, die Hertz'sche Mechanik betreffend*, Wiedemann's Annalen. Suppl. 1889; Id. *Die Druckkraefte in der Hydrodynamik*, ib. 1900; Id. *Leçons sur la théorie des gaz*, trad. Galotti, vol. I, Paris 1902, p. 3. On sait d'ailleurs que la *Mécanique* de Hertz, effort remarquable par son ingéniosité, est restée jusqu'à ce jour à peu près stérile, en dépit de la grande autorité qui se rattache au nom de son auteur. — Sur la tentative de Lord Kelvin, cf. sa communication dans les comptes rendus de l'Académie des sciences, vol. CIX, p. 454. *Sur une constitution gyrostatique adynamique pour l'éther*.

Nous avons vu plus haut que l'atome corpusculaire a ceci d'analogue avec les corps que nous connaissons qu'il a comme eux de la masse. Il leur ressemble encore, ou plutôt il ressemble à une classe déterminée de corps, appelés *solides*, en ce qu'il doit avoir une figure. Très souvent, il est vrai, les physiciens ou chimistes, en parlant de l'atome, laissent ce point dans l'indétermination, supposant tout au plus une figure vaguement sphérique [1] ; c'est simplement parce que les théories ne sont pas encore très avancées et que le manque de précision, sur ce point, n'a pas d'inconvénient. Mais il n'est pas douteux que, dans les théories corpusculaires, l'atome ne soit réellement un petit solide, et même un ultra-solide ; « ces particules solides, dit Newton, sont incomparablement plus dures que n'importe quels corps solides composés d'elles ; elles sont même tellement dures qu'elles ne s'usent ni ne se brisent jamais [2] ». Ces petits solides, cela est certain, doivent avoir une figure, occuper une partie strictement limitée de l'espace. C'est ce qui fait dire à M. Lasswitz [3] que l'atome est avant tout « une partie mobile de l'espace, dont les parties géométriques sont en repos relatif les unes à l'égard des autres ». Considéré à ce point de vue, il ne peut plus être question de cette vague unité idéale que nous postulions tout à l'heure. L'espace, à l'intérieur du corpuscule, a des parties ; comment se fait-il qu'elles soient ainsi solidaires les unes des autres, pourquoi ne se détachent-elles pas au choc, pour quelle raison un corps étranger ne peut-il pénétrer entre ces parties ?

La théorie de Descartes n'était pas, à proprement parler, corpusculaire. Cependant comme pour lui, on le sait, l'essence du corps consistait en son étendue spatiale, ce problème se posait chez lui d'une manière tout à fait analogue. Il le résolvait en supposant que cette cohésion des parties était la simple conséquence de ce qu'elles étaient en repos les unes à l'égard des autres [4]. C'était une solution peu satisfaisante et

1. Bien entendu, les physiciens et les chimistes ont aussi quelquefois précisé, un peu à leur corps défendant, tellement cette question, à bon droit leur apparaît ardue. Il est à peine besoin de rappeler ici les spéculations sur le tétraèdre du carbone.

2. Newton. *Opticks*. Cf. la citation plus complète, plus bas p. 393.

3. Lasswitz. *Zur Rechtfertigung der kinetischen Atomistik*. Vierteljahrsschrift fuer wissenschaftliche Philosophie, vol. IX, 1885, p. 151.

4. Descartes. *Principes*, Paris, 1668, II, chap. LV, titre : « Qu'il n'y a rien qui joigne les parties des corps durs sinon qu'elles sont en repos en regard l'une de l'autre. »

Leibniz déjà reconnut clairement que le corpuscule, s'il devait agir mécaniquement, devait être doué d'un principe d'action spécial [1]. Newton de même, comme on l'a vu plus haut (p. 56), a compris que, privé d'un principe d'action particulier, le corpuscule était incapable d'agir au choc. Il y a eu cependant quelques tentatives d'explication. La plus remarquable sans doute est celle de Denis Papin qui, dans une lettre à Huygens, formule cette hypothèse que la « matière d'elle-même n'a aucune liaison de parties et que la dureté qui s'éprouve en certains corps ne vient que du mouvement des liqueurs environnantes qui pressent les parties les moins agitées les unes vers les autres [2] ». La théorie ainsi ébauchée est analogue à celle de Leibniz sur l'élasticité, c'est-à-dire qu'elle aboutit à la multiplication indéfinie des milieux. Apparemment, aucune de ces « explications » n'est restée dans la science, puisque, en ouvrant un manuel de physique, nous y trouvons le principe actif de Leibniz admis sous le nom d'*impénétrabilité*.

Ainsi, nous ne gagnerions pas grand'chose à substituer les corps durs aux corps élastiques, car nous ne saurions, en fin de compte, nous représenter la résistance qu'un corps oppose à la pénétration d'un autre autrement que sous l'aspect d'un « principe d'action » mystérieux.

Enfin, voici un argument tiré directement de l'expérience. La théorie corpusculaire repose sur l'action par contact. Or, il ne se produit pas de contact réel entre deux corps. Quand un corps en a choqué un autre, il semble l'avoir touché ; mais ce n'est qu'une apparence. En réalité, au moment même du choc, les particules les plus voisines de l'un et de l'autre sont restées séparées par des espaces tout à fait appréciables. On connaît le phénomène qui se produit quand on presse une lentille contre une plaque plane, et qu'on désigne sous le nom d' « anneaux de Newton ». La coloration de ces anneaux permet de calculer l'épaisseur de la couche intermédiaire. Au centre, là où cette épaisseur est la plus réduite, il se produit une tache noire. C'est le « contact optique » ; mais ce n'est pas encore un contact réel. On peut rapprocher davantage les deux corps, mais alors il y a adhésion [3].

1. Cf. Appendice I, 407 ss.

2. Huygens. *Œuvres complètes*, t. IX, La Haye 1901, p. 429.

3. Maxwell. *On Action at a Distance. Scientific Papers*. Cambridge 1890. vol. II, p. 314.

Ces difficultés, nous venons de le voir, se faisaient sentir en grande partie dès le temps de Leibniz et de Huygens. Aussi, quand Newton eût démontré la loi de la gravitation universelle, une théorie toute différente de la matière surgit, théorie qui, fondée sur l'existence de forces s'exerçant à distance, tendait d'abord, comme l'a fort justement remarqué M. Poincaré, à transformer les corps en quelque chose d'analogue à un système stellaire, trahissant ainsi qu'elle prenait son origine dans la mécanique céleste. Cette théorie fut clairement formulée par le physicien anglais Cotes, dans la préface à la deuxième édition des *Principes* de Newton parue en 1713. Newton lui-même ne s'est jamais prononcé nettement à cet égard, mais il semble probable qu'il fut d'accord sur ce point avec ses disciples [1]. Au commencement du XIXe siècle, la théorie parut recevoir sa consécration par la *Mécanique analytique* de Lagrange [2] et les travaux expérimentaux de Coulomb [3], qui semblaient définitivement assimiler à la gravitation d'autres forces agissant à distance, et notamment l'électricité. Mais, antérieurement déjà, l'hypothèse avait trouvé son théoricien qui la mena jusqu'à son aboutissement logique. Ce fut le Jésuite Boscovich, dont le principal ouvrage parut en 1759 [4].

Boscovich suppose que les atomes ne sont pas des corpuscules, mais des points géométriques absolument privés d'étendue. Chacun de ces points est un centre de forces, ou plutôt d'une force unique, identique à elle-même à des distances identiques autour du point, mais variant d'après la distance. A une distance très faible, elle est répulsive et augmente d'intensité à l'infini, à mesure qu'on tend à se rapprocher du centre, de sorte qu'elle est susceptible de résister à n'importe quelle impulsion et que jamais deux centres ne peuvent coïncider. Si l'on s'éloigne, la force répulsive diminue et, à une distance donnée, devient nulle, de sorte qu'il n'y a

1. Cf. Appendice I, p. 411 ss.

2. Les opinions de Lagrange ont été admirablement résumées par M. Duhem. *L'évolution de la Mécanique*. Paris, 1903, p. 43-45 et 71-72.

3. Sur l'influence de Coulomb, cf. Rosenberger, *l. c.* p. 371.

4. P. Rogerius Josephus Boscovich, *Philosophiæ naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium*. Vienne 1759. On trouvera dans l'introduction de cet ouvrage (p. 3) une liste des travaux antérieurs de Boscovich sur la même matière. — Priestley, qui fut un adhérent convaincu du dynamisme, affirme (*Disquisitions relating to Matter and Spirit* Londres, 1777, p. 19) qu'une théorie analogue à celle de Boscovich aurait été formulée simultanément et indépendamment par l'astronome John Michell.

plus ni répulsion, ni attraction. Si l'on s'écarte encore du centre, la force devient attractive, croît, passe par un maximum et décroît de manière à redevenir nulle à une distance donnée. Après quoi elle redevient répulsive, pour croître, décroître et redevenir nulle encore. Ceci se reproduit à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'enfin, à une certaine distance, la force, devenue définitivement attractive, diminue en proportion du carré de la distance, jusqu'à l'infini ou « du moins jusqu'à des distances dépassant de beaucoup celles de toutes les planètes et comètes »[1]. Boscovich représente les variations de cette force par une courbe dont les deux parties extrêmes sont des arcs d'hyperbole ayant pour asymptotes, l'un l'axe des distances et l'autre celui des forces, alors que la partie médiane coupe l'axe des distances à plusieurs reprises.

Le système de Boscovich fut rarement appliqué par les savants dans toute sa rigueur: on entend peu parler de sa courbe de forces unique. Au dix-neuvième siècle, Saint-Venant[2] a repris son hypothèse, en la simplifiant. La courbe de Saint-Venant est encore asymptote aux deux axes, mais elle ne coupe plus celle des distances qu'une seule fois. Il est au moins douteux qu'une courbe unique de ce genre puisse rendre compte des diverses actions moléculaires et atomiques qu'on sera obligé de supposer pour expliquer tous les phénomènes observés. Quoi qu'il en soit, la force unique de Saint-Venant n'a pas eu beaucoup plus de succès que celle de son prédécesseur. Néanmoins, les idées de Boscovich ont exercé une influence considérable sur la science, par le fait qu'il a, le premier, résolument dépouillé l'atome d'étendue : en ce sens, tous les physiciens qui se sont dans la suite servis d'atomes-points dérivent de lui. Boscovich n'a d'ailleurs pas manqué d'appuyer son système sur une critique de la théorie corpusculaire fondée sur des considérations relatives à la transmission du mouvement. « *Quid autem est impenetrabilitas ista ? Unde fit ut idem spatium bina corpora occupare non possint* ? »[3] Cette impénétrabilité ne peut être qu'une force et toute transmission du mouvement doit s'opérer par l'intermé-

1. Boscovich, *l. c.*, p. 6.

2. De Saint-Venant. *Mémoire sur la question de savoir s'il existe des masses continues*, etc. Paris, 1844, p. 9. — Saint-Venant a changé d'opinion plus tard et tenté d'écarter complètement la notion de force. Cf. Padé, Revue générale des sciences, 1905, p. 765.

3. Boscovich. *De viribus vivis dissertatio*. Rome, 1745, p. 33.

diaire d'une force : « *nullam mutationem motus fieri per impulsionem sed semper per vires agentes in aliqua distantia* », et, bien entendu, dans ce système, l'élasticité absolue des atomes et des molécules n'offre plus aucune difficulté.

Il est aisé de se rendre compte pourquoi la « force unique » de Boscovich eut si peu de succès : elle répugne vraiment par trop à notre imagination. Pourquoi change-t-elle à une distance déterminée et comment se peut-elle transformer, à point nommé, de répulsive en attractive et vice versa ? Si cette force unique doit être conçue comme la force du centre, si elle doit émaner de lui, nous nous imaginons forcément que près de l'origine, à une distance très petite du centre, elle devra avoir le même caractère qu'à une distance plus grande, c'est-à-dire qu'elle doit être tout le temps ou attractive, ou répulsive. Or, il est, bien entendu, absolument impossible de construire le monde à l'aide d'aucune de ces deux suppositions. La force de Boscovich est sans doute tout le temps, soit comme force attractive, soit comme force répulsive, *dirigée* vers le centre, mais elle ne paraît pas *émaner* de lui.

On peut faire valoir, sans doute, que cette modification de la force est la conséquence d'une loi. Cet argument, qui semble avoir été en quelque sorte préparé par Boscovich lui-même, ainsi que le montre le titre de son principal ouvrage (*Theoria... redacta ad unicam legem*.....) est aussi peu recevable que celui qui consiste à vouloir expliquer le choc élastique des corpuscules par la conservation de l'énergie. En effet, il s'agit bel et bien ici d'une hypothèse sur le mode de production, et non pas d'un simple artifice de calcul comme l'introduction des sinus dans l'énoncé de la loi de réfraction. La manière dont Boscovich expose sa théorie ne nous laisse aucun doute à cet égard, et son argumentation contre l'impénétrabilité n'aurait aucun sens s'il en était autrement. Nous n'avons donc que faire d'une loi.

Aussi ne s'étonnera-t-on pas de ce que les dynamistes aient généralement préféré entourer leur atome-point de forces multiples variant d'après des lois différentes. Tel a été, entre autres, le point de vue de Kant[1]. Ainsi modifiée, la conception

1. Kant était hostile à l'hypothèse des atomes (*Vom Uebergange*, éd. Krause, Francfort, 1888, pp. 96-97, 111-112, 164). Néanmoins, ses explications scientifiques dans les *Premiers principes* (trad. Andler et Chavannes, Paris, 1891), sont entièrement dynamiques, dans le sens que nous donnons à ce terme. Plus tard, dans le *Vom Uebergange*, il penche un peu plus vers les explications par le mouvement.

devient moins logique, elle manque de cette belle unité que lui a imprimée Boscovich, sans devenir pour cela plus acceptable. Comment admettre que le même atome-point émette simultanément des rayons de force attractive et répulsive ?

Mais voici des objections qui s'appliquent à tous les systèmes purement dynamiques. Il n'est nullement certain que toutes les forces dont on sera obligé de postuler l'existence puissent être considérées comme centrales. Cela est au moins douteux pour les forces moléculaires. Il semble bien que l'action exclusive de forces centrales exigerait certains rapports entre les diverses formes de la résistance des corps, rapports dont l'existence a été démentie par l'expérience. De même, on ne peut expliquer la déformation permanente en supposant seulement des forces centrales. Les phénomènes de cristallisation paraissent aussi exiger que l'action des molécules ne s'exerce pas exclusivement dans le sens de la droite qui joint leurs centres de gravité ; ils doivent pouvoir exercer l'un sur l'autre une action tournante.

L'objection suivante est plus fondamentale encore, puisque c'est le concept même de l'atome purement dynamique qui est en jeu. Pénétrons à travers les forces qui entourent cet atome : le centre de ces forces est un point, c'est-à-dire à proprement parler (puisque le point est une abstraction géométrique) vide. Tous les objets de notre connaissance que nous plaçons dans le monde extérieur ont de l'étendue. Ce qui est inétendu, pouvons-nous en imaginer l'existence dans l'espace ? Nous admettons à la rigueur la force rayonnant du centre, nous nous la représentons comme une droite. Mais, quand elle atteint un autre atome, sur quoi agit-elle, puisqu'elle le trouve vide ? Comment ce *rien* peut-il résister au mouvement, comment, une fois en mouvement, peut-il le conserver, en un mot comment peut-il posséder une masse, manifester de l'inertie ? « Aucun arrangement de centres de forces, quelque compliqué qu'il soit, ne peut expliquer ce fait », dit Maxwell, et il ajoute : « Aucune partie de cette masse ne peut être due évidemment à l'existence de centres de forces supposés[1] ». Qu'on le remarque bien; ce n'est pas simplement ce qu'on est convenu d'appeler une qualité occulte, c'est-à-dire une qualité qui ne s'explique pas par celles qui définissent le centre de forces. Non, c'est une pro-

1. Maxwell, *La chaleur*, trad. Mouret. Paris, 1891, p. 111-112.

priété que notre imagination se refuse à joindre à l'image mentale que nous nous faisons, une propriété qui jure avec cette image. En somme, la difficulté ici est analogue à celle que nous avons rencontrée à propos de l'atome corpusculaire : si ce dernier ne peut agir, nous ne comprenons pas davantage comment on peut agir sur l'atome dynamique. De sorte que, de ces deux systèmes, l'un représente uniquement le côté passif, et l'autre le côté actif d'un phénomène lequel, bien entendu, ne saurait être conçu que comme bilatéral.

La représentation dynamique est même, au point de vue de notre imagination, incontestablement inférieure à la représentation corpusculaire. Pour nous en convaincre, nous n'avons qu'à penser au mouvement, qui est en somme la fonction essentielle de l'atome, la seule modification dont il soit susceptible. Pour l'atome dynamique, nous avons autant de peine à nous représenter le déplacement de ce *rien* qui constitue son noyau que celui des forces qui l'entourent et qu'en fait nous nous figurons nécessairement comme une sorte de gigantesque toile d'araignée qui, pour chaque atome, embrasse l'univers entier. « Une force peut-elle être heurtée et déplacée d'un lieu à un autre ? » demande Spir avec beaucoup de justesse[1]. Autant le concept du déplacement paraît naturel appliqué au corpuscule limité dans son étendue, autant il semble paradoxal pour l'atome dynamique. On en arrive à concevoir comme plus simple et plus logique une variation directe de la force dynamique en fonction du temps — ce qui est, nous le verrons plus tard, un signe certain que la théorie a échoué.

Aussi ne faut-il point s'étonner que les physiciens aient généralement préféré des solutions moyennes, s'écartant davantage encore de la logique rigoureuse, mais offrant plus de prise à notre imagination. On conserve l'atome corpusculaire et on l'entoure de forces agissant à distance. Ce système composite prête évidemment le flanc à nombre d'objections formulées contre les deux systèmes extrêmes. Il se heurte, en outre, à des difficultés qui lui appartiennent en propre. Comment cet atome, être prétendu simple, peut-il être constitué par l'union de deux composants aussi hétérogènes qu'un corpuscule et des forces ? Quel peut être le lien entre l'un et les autres ? Et puis — ce qui n'est qu'une autre face du même

1. Spir, *l. c.*, p. 407.

problème — la force émanée d'un atome, quand elle en atteint un autre, trouve bien un « noyau » sur lequel elle peut agir. Mais *comment* peut-elle agir ? La seule image que nous puissions nous faire d'une force est celle d'une droite. Entre cette image et celle du corpuscule qu'elle est chargée d'influencer, nous ne saurions découvrir aucune liaison. Et nous n'en découvrons pas davantage entre le concept de force et celui du mouvement. Quand je vois un corps mis en mouvement par un choc, j'ai l'illusion de comprendre parce que, en apparence, le mouvement naît d'un autre mouvement ; mais ici le mouvement doit naître de la force, c'est-à-dire d'une chose qui lui est absolument hétérogène.

Mais l'idée même de forces agissant à distance, commune à tous les systèmes qui s'écartent de l'hypothèse corpusculaire stricte, n'est-elle pas, au fond, tout à fait paradoxale ? Sans doute, même antérieurement à Newton, on avait maintes fois supposé une « tendance » des corps à un mouvement déterminé, voire même une « appétence » des corps les uns pour les autres. C'est ainsi qu'Aristote supposait que, parmi les quatre éléments, deux, la terre et l'eau, avaient une tendance naturelle vers le bas, tandis que les deux autres tendaient vers le haut[1]. Galilée[2] et Képler[3] supposaient que tous les objets terrestres avaient une appétence pour la terre. Mais c'étaient là plutôt des « formes substantielles », des qualités plus ou moins occultes, dont l'École avait été si prodigue. On ne voit point qu'il ait été nettement question, avant Newton, de quelque chose se transmettant instantanément à travers l'espace, comme l'attraction newtonienne. Descartes s'est vivement élevé contre toute supposition d'une action à distance, qui lui paraissait aboutir à douer les particules matérielles de connaissance, au point de les rendre « vraiment divines, afin qu'elles puissent connaître sans aucun intermédiaire ce qui se passe en des lieux fort éloignés d'elles et y exercer leurs actions[4] ».

1. Cf. plus bas p. 139.

2. Galilée, *Due massimi sistemi*, *Œuvres*, Florence, 1842, vol. I, giorn. I, p. 40. On trouvera un excellent historique du concept de la gravitation chez M. Duhem. *La théorie physique*, Paris, 1906, pp. 367 ss.

3. Képler, *Opera omnia*, éd. Frisch, Francfort, 1870, vol. III, p. 151. Chez Képler cette appétence était d'ailleurs, comme chez Newton, mutuelle. « Gravitas est affectio corporea mutua inter cognata corpora ad unitionem seu conjunctionem... »

4. Descartes, éd. P. Tannery et Adam, vol. IV, p. 396. Cf. Duhem, *l. c.* p. 19.

Quand l'hypothèse de la gravitation universelle fut formulée, elle se heurta, en dépit de l'énorme progrès que la loi découverte par Newton faisait accomplir à la physique céleste, à des résistances très fortes de la part des contemporains. Leibniz surtout a été très affirmatif à cet égard[1]. Huygens déclare, de même, que vouloir supposer que la gravitation puisse être due à une qualité intrinsèque et inhérente aux corps, c'est « formuler des principes obscurs et que personne ne saurait comprendre[2] ». Il s'est d'ailleurs donné beaucoup de peine pour constituer une théorie mécanique de la gravitation, sans arriver à un résultat bien satisfaisant. Newton lui-même semble, au moins au début de ses travaux, avoir envisagé la possibilité de réduire la gravitation à une action du milieu[3].

La nouvelle notion semblait découler directement de la loi établie par Newton, et cette loi dominait absolument une des parties les plus importantes de la physique, celle dont le développement avait été le plus rapide et le plus complet. Dans d'autres parties, elle permettait des simplifications de calcul importantes et, nous l'avons vu, elle promettait de fournir la base d'une théorie générale de la matière. Il était donc naturel qu'elle triomphât. Ce sont, au contraire, les résistances qu'elle rencontra qui étonnent. Sans doute, on peut attribuer celles du début à l'influence de Descartes, qui avait façonné la science et la philosophie tout entière et qui dominait même des esprits aussi puissants que Leibniz et Huygens. Mais si l'on examine ce qui se passa par la suite, on s'aperçoit qu'il y eut toujours, dans la science, un fort courant de résistance contre la conception d'une action à distance. D'Alembert en 1755 traitait les forces, en tant que causes motrices, d'êtres « obscurs et métaphysiques qui ne sont capables que de répandre des ténèbres sur une Science claire par elle-même[4] » ;

1. Sur Leibniz, cf. Appendice I, p. 405 ss.

2. Chr. Hugenii Zullichemi *Opera reliqua*, Amsterdam 1726, *Dissertatio de causa gravitatis*, p. 95. « Idipsum Philosophos coegit causam admirabilis illius rei in corporibus ipsis solum quærere et tribuere illam qualitati alieni internæ et inhærenti, quæ corpora ad inferiora et versus terræ centrum impelleret; aut nescio cui appetitui partium ut toti se unirent. Quod erat non causas exponere, sed ponere principia obscura et intellecta a nemine. »

3. Newton. *Opticks*, 3e éd., Londres 1721. Question XXI et surtout le 2e avertissement à cette question. Cf. Appendice I, p. 411 ss.

4. D'Alembert. *Traité de dynamique*, 2e éd. Paris, 1758, p. 16.

en 1771, Æpinus constatait que l'on considérait toujours les forces comme des « qualités occultes [1] ». Même après Lagrange et Coulomb, et tout en se servant sans scrupule des « forces centrales », beaucoup de physiciens ne cessaient de voir, dans cette conception d'une action instantanée à travers l'espace, une sorte de pierre d'achoppement et presque de scandale pour la physique. On trouvera chez Stallo [2] une longue suite de citations très probantes à cet égard, empruntées exclusivement à des physiciens du XIX[e] siècle. On pourrait en allonger la liste à peu près indéfiniment. Contentons-nous d'y ajouter, comme particulièrement significative, cette déclaration de Sir Will. Thomson (Lord Kelvin) qui estime que l'hypothèse d'une action à distance est « le plus fantastique des paradoxes [3] ». Il est peut-être plus curieux encore que des physiciens dont le parti pris théorique était moins marqué n'aient cessé de témoigner, à chaque occasion propice, combien ils aimeraient pouvoir s'affranchir de l'action à distance. Ainsi Gauss, qui pourtant s'affirme newtonien, estime (alors que rien, au point de vue expérimental, ne justifiait une telle proposition) que pour l'électricité la notion d'une propagation dans le temps serait bien préférable à celle d'une propagation instantanée [4]. De même Faraday, tout en prétendant suivre, en théorie, les idées de Boscovich, éprouvait une grande répugnance contre la conception de forces agissant loin de leur base et sans connexité physique avec leur lieu d'origine [5]. Maxwell déclare qu'il suffirait qu'une théorie scientifique pût, avec quelque probabilité, conduire à une explication de la gravitation pour que des hommes de science y consacrent tout le restant de leur vie [6]. Helmholtz, qui pourtant, comme on sait, avait fondé sa démonstration du principe de la conservation de l'énergie sur l'hypothèse des forces centrales, est du même avis [7].

1. ROSENBERGER. *Die moderne Entwicklung der elektrischen Prinzipien*. Leipzig, 1898, p. 43.

2. STALLO, *l. c.*, p. 36 ss.

3. WILL. THOMSON. *Papers on Electrostatics*, Londres, 1872, p. 318.

4. Cf. sur Gauss LARMOR, *Æther and Matter*, Cambridge, 1900, p. 72, et ROSENBERGER. *Die moderne Entwicklung* etc. p. 70-71.

5. Cf. MAXWELL. *Scientific Papers*. Cambridge, 1890, vol. II, p. 155 ss, 311.

6. Cf. *ib.*, vol. II, p. 341.

7. HERTZ, *Gesammelte Werke*, vol. III, Introduction de HELMHOLTZ, p. XVIII.

Ainsi, M. J.-J. Thomson résume simplement une situation de fait en déclarant que l'action à distance, bien que les facilités qu'elle offre au calcul l'aient rendue plausible à beaucoup de mathématiciens, est un concept que les plus grands physiciens n'ont jamais pu se résoudre à accepter [1]. Aussi des efforts sans nombre ont-ils été tentés en vue de s'en affranchir. Après Huygens, Hooke, Varignon, Fatio de Duillier, Redeker, Euler, Challis, Guyot, Schellbach, Guthrie, Thomson [2] et bien d'autres s'y sont essayés. La théorie qui a eu le plus de succès est sans conteste celle de Le Sage [3]. Maxwell était d'avis que c'était la seule théorie consistante de la gravitation qui eût jamais été formulée [4]. On sait que l'hypothèse de Le Sage consiste à supposer que la gravitation est le résultat de chocs d'un nombre immense de « corpuscules ultramondains » à l'égard desquels les corps célestes se font mutuellement écran. Les difficultés que soulève cette théorie sont immenses : non seulement il faut supposer qu'un corps de l'épaisseur de la terre est à peu près perlucide à l'égard des corpuscules en question, mais encore il est impossible, comme l'a constaté Maxwell [5], de mettre d'accord cette théorie ou toute autre hypothèse mécanique avec le principe de la conservation de l'énergie. En outre, Laplace avait indiqué, comme limite inférieure de la vitesse de propagation de la gravitation, une vitesse de 100 millions, ou au moins de 50 millions de fois plus grande que celle de la lumière [6] : c'est-à-dire qu'on était obligé de supposer cette vitesse et, par conséquent, celle des corpuscules ultramondains comme à peu près infinie. Il est extrêmement significatif que toutes ces difficultés n'aient pas empêché des physiciens de renom de consacrer de sérieux efforts à l'examen et au développement de cette théorie.

1. J. J. Thomson. *Electricity and Matter*. New-York, 1904, p. 7.

2. Les travaux antérieurs à Le Sage sont énumérés dans la préface de Prévost au *Traité de Physique* de ce dernier, Paris, 1818, pp. 24 à 33. On trouvera quelques détails sur les travaux postérieurs chez Maxwell, Encyclopœdia Britannica, article *Attraction*, p. 74 et chez Stallo, *l. c.*, p. 36 ss. Sur la tentative d'Euler, cf. *Opuscula*, Berlin, 1745, p. 287.

3. Le Sage a exposé les grands traits de sa théorie dans *Lucrèce Newtonien*. Mém. de l'Ac. de Berlin, 1782. Le *Traité de Physique*, Paris, 1818, rédigé par Prévost d'après des notes de Le Sage, contient un exposé plus détaillé.

4. Maxwell. Encyclopœdia britannica, article *Atom*, p. 47.

5. Id. *ib.*, article *Attraction*, p. 65.

6. La première de ces indications se trouve dans les *Œuvres*, Paris, 1880, vol. IV, p. 327 ; la seconde *ib.* vol. VI, p. 471.

On est dès lors obligé de supposer que la répugnance intime contre l'hypothèse d'une action à distance a dû agir sur leur esprit avec une grande intensité.

Il est à remarquer qu'à ce point de vue les physiciens n'avaient nullement à compter sur le concours des philosophes, lesquels, au contraire, semblaient s'accommoder parfaitement de l'action à distance. Kant, dans les *Premiers principes,* la postule expressément et en fait la pierre angulaire de sa théorie de la matière. Si plus tard, dans son œuvre posthume *Sur la transition des premiers principes... à la physique*, il est devenu moins absolu à cet égard, il n'a pourtant jamais renié le concept en question [1]. Schopenhauer est, si posible, plus affirmatif encore ; la force lui apparaît comme quelque chose de primordial dont on ne saurait rechercher la raison [2]. De même, les *Naturphilosophen* ont opéré sans cesse avec les forces. La tradition a persisté plus tard, le concept de l'action à distance est devenu en quelque sorte courant dans la métaphysique allemande, comme on peut le voir chez Hartmann [3]. En France, Auguste Comte considérait le concept de la gravitation comme placé au-dessus de toute contestation et reprochait aux astronomes du passé d'avoir été « presque toujours dominés par les préjugés contemporains sur la vaine recherche des causes [4] ». En Angleterre, John Stuart Mill parlait du « préjugé » contre l'action à distance et félicitait ses contemporains de s'en être affranchis [5]; Herbert Spencer usait sans scrupule du concept de force, tout à fait à la manière des *Naturphilosophen* allemands [6].

L'attitude des physiciens dans cette question a vivement frappé Stallo [7], témoin d'autant moins sujet à caution que leur résistance lui paraît, comme à John Stuart Mill, fondée sur un simple préjugé, ayant sa source unique dans le fait que nous-mêmes n'agissons sur les corps que par contact. Il est à remarquer, d'ailleurs, que les adversaires de l'action

1. Cf. plus bas p. 159 ss.

2. SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung,* éd. Frauenstaedt, vol. I, p. 45 ss., 154.

3. ED. v. HARTMANN. *Das Grundproblem der Erkenntnisstheorie*. Leipzig, s. d. p. 16, 18, 20.

4. COMTE. *Politique positive,* vol. I, p. 501.

5. Cf. STALLO, *l. c.,* p. 36.

6. Cf. par exemple SPENCER, *First Principles,* vol. I, p. 54, 231, 248, 251-254.

7. STALLO, *ibid.*

à distance ont généralement adopté un point de vue analogue. Nous aurons l'occasion de revenir plus tard sur ces considérations. Mais les raisons réelles de la résistance des savants contre la supposition d'une action à distance nous semblent bien plus profondes.

Quand nous cherchons, mentalement, à nous rendre compte de l'action de la gravitation, nous avons certainement recours au procédé qui servait beaucoup, autrefois, pour rendre plausible le concept des « forces centrales » en général. Nous nous représentons des surfaces placées, normalement au rayon, à des distances diverses du centre et nous parvenons aisément à la conviction que (pour nous servir, en guise d'exemple, de la lumière) le même éclairage se répartit sur une surface d'autant plus grande qu'elle est plus éloignée du centre et ce, dans la proportion inverse au carré de la distance. Nous voyons donc, pour la gravitation, la même force s'épandre, pour ainsi dire, comme un fluide, sur des surfaces sphériques de diamètre croissant, ce qui fournit une image spatiale satisfaisante en apparence. On peut se demander, avec Lotze, ce qui produit le flux continuel de ce pseudo-fluide et ce qu'il devient s'il ne rencontre rien sur son chemin [1]. On peut s'étonner également que ce flux ne repousse pas plutôt les corps qu'il est chargé d'attirer. Mais le plus essentiel, c'est que l'image spatiale elle-même n'est qu'un leurre et que le concept de l'action à distance est certainement au fond anti-spatial.

Nous ne connaissons la matière que par son action : c'est là une vérité de définition. Concevoir une matière qui serait véritablement et absolument inerte, qui n'agirait pas sur nos sens ni sur d'autres matières, ni ne réagirait contre elles, cela constitue un concept contradictoire : une telle matière ne saurait *exister*, exister et agir étant, dans ce cas, des termes strictement synonymes. « Son être, dit Schopenhauer en parlant de la matière, c'est son action ; on ne saurait même imaginer une manière d'être autre que celle-là [2]. » Il s'ensuit qu'une matière

1. Lotze, *Grundzuege der Naturphilosophie*, 2e éd. Leipzig, 1889, p. 27-28. Il est à remarquer que Lotze estime ces raisons suffisantes pour déclarer que l'image d'une émanation en surfaces sphériques doit être abandonnée : « On ne doit parler que d'un rapport linéaire entre deux éléments. » — Képler, en examinant de quelle manière l'action du soleil sur les planètes doit se modifier avec la distance, arrive à la conclusion que ce serait en proportion inverse de la distance (*Opera omnia*, éd. Frisch. Francfort 1870, vol. VI, p. 349), preuve que l'image de l'émanation sphérique ne s'imposait point à son esprit.

2. « Ihr Seyn ist ihr Wirken. Kein anderes Seyn ist auch nur zu denken

qui est censée exercer une action simultanée dans l'espace tout entier, existe simultanément, rigoureusement parlant, dans tout l'univers. C'est ce qu'on voit clairement dans la théorie dynamique pure : l'atome de Boscovich est n'importe où plutôt que dans son « centre ». Afin de répondre à cette objection, les dynamistes se sont efforcés d'établir que, de toute manière, nous sommes obligés de supposer qu'une matière agit là où elle n'est point. Selon Kant, « toute chose dans l'espace n'agit sur une autre qu'en un lieu où le corps agissant n'est pas. Car si elle devait agir au lieu où elle est elle-même, la chose sur laquelle elle agit ne serait point alors en dehors d'elle. Même si la terre et la lune se touchaient, le point de contact serait encore un lieu dans lequel ne seraient ni la terre ni la lune [1]. » A raisonner ainsi, on perd complètement de vue la continuité de l'espace ; c'est ce qu'on voit clairement si l'on substitue à l'espace le temps. L'hypothèse de l'action à distance consiste à supposer qu'un phénomène en conditionne un autre et que rien ne se passe dans l'espace intermédiaire. Assurément, on affirmera que cet espace intermédiaire est *traversé* par la force. Mais les deux phénomènes étant simultanés, la force ne traverse pas l'espace, elle saute par-dessus, si l'on ose s'exprimer ainsi. Peut-on admettre quelque chose d'analogue pour le temps? Un phénomène peut-il en conditionner un autre, à travers le temps, sans que rien soit modifié pendant les instants intermédiaires? Apparemment non. Sans doute, nous nous exprimons souvent comme si un événement était la conséquence d'un passé lointain. Mais ce sont là des façons de parler. Au fond, nous savons fort bien qu'il a dû y avoir des modifications pendant les époques intermédiaires, bien qu'elles aient échappé à notre attention. Il ne s'agit point ici, qu'on le remarque bien, de trancher la question de savoir si le temps et l'espace sont ou ne sont pas réellement des continus ; ce qui est certain, c'est que, pour nous figurer une action, nous sommes forcés de les supposer tels [2]. Il est donc naturel de postuler que chaque

moeglich », Schopenhauer, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, éd. Frauenstaedt, Leipzig 1877, vol. I, p. 10.

1. Kant, *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature*, traduction Andler et Chavannes, Paris 1891, p. 46-47.

2. On peut voir, par la suite du passage de M. J.-J. Thomson que nous avons cité plus haut (p. 68), qu'il sent très nettement que là se trouve la véritable source de la difficulté, et il semble que Faraday en ait eu également le sentiment.

endroit de l'espace n'est influencé que par le principe actif de l'endroit immédiatement voisin, tout comme chaque instant est conditionné par l'instant précédent et conditionne à son tour l'instant immédiatement postérieur. Et puis, si l'on abandonne cette restriction en ce qui concerne l'espace, si un corps peut réellement agir, produire une modification dans un endroit de l'espace sans rien modifier dans les espaces intermédiaires, pourquoi ne pourrait-il pas également *apparaître* dans un lieu éloigné, sans passer par les lieux qui séparent les deux positions ? Pourquoi, puisqu'il agit simultanément partout, n'apparaîtrait-il pas simultanément dans deux endroits différents[1] ? Des suppositions de ce genre, si extravagantes qu'elles paraissent, ont d'ailleurs été formulées dès le XVIIIe siècle par un M. de Prémontval, et l'on peut voir dans le curieux petit ouvrage où elles sont contenues[2] qu'elles se rattachent très directement au concept de l'action à distance. Il est tout aussi significatif à cet égard qu'un auteur récent, dans un livre qui présente d'ailleurs un réel intérêt[3], ait rattaché l'action de la gravitation à l'hypothèse de la 4e dimension ; c'est sur cette même supposition que les spirites fondent des idées dont la parenté avec celles de Prémontval ne saurait être niée et l'on sait que Zoellner[4] s'en est servi dans un dessein analogue. C'est qu'en effet l'action à distance est destructive de l'idée de l'espace. Cela se fait, comme l'a dit pittoresquement un philosophe célèbre, d'ailleurs partisan de l'action à distance, « derrière le dos de l'espace[5] ». La conception est anti-spatiale ou au moins *aspatiale*.

La résistance des physiciens est donc justifiée. C'est toujours à contre-cœur que la science a accepté l'action à distance, et ce n'est qu'à son corps défendant qu'elle la conserve. Elle y sera forcée tant qu'il demeurera entendu que les mouve-

1. « Et, comme plusieurs philosophes ont jugé que, même dans l'ordre de la Nature, un corps peut opérer immédiatement en distance sur plusieurs corps éloignés tout à la fois, ils croient, à plus forte raison, que rien ne peut empêcher la puissance divine de faire qu'un corps soit présent à plusieurs corps ensemble ; n'y ayant pas grand trajet de l'opération immédiate à la présence et peut-être l'une dépendant de l'autre ». Leibniz, *Théodicée*, § 19, éd. Erdmann, p. 485.

1. De Prémontval. *Vues philosophiques*. Berlin, 1761, p. 212-237.

3. Maurice Boucher. *Essai sur l'hyperespace*. Paris, 1903, p. 158 ss.

4. I. C. F. Zoellner. *Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie*. Leipzig, 1876, p. LXXII ss.

5. Lotze., *l. c.*, p. 26.

ments des corps célestes ne peuvent s'expliquer sans la supposition d'une action instantanée de la gravitation. Mais, dès que cette hypothèse ne sera plus absolument indispensable, dès qu'il sera permis d'attribuer à l'action gravifique une vitesse finie, il est bien certain que cette notion disparaîtra sans retour, car personne n'a jamais admis et l'on n'admettra probablement jamais un saut dans le temps analogue au saut dans l'espace que postule la notion de l'action à distance. C'est bien d'ailleurs ce qui s'est passé pour les autres « forces à distance » qui ont été successivement réduites à une action de proche en proche, dès qu'on s'est assuré que leur propagation exigeait du temps. Hertz, dans son célèbre travail sur les *Rapports de la lumière avec l'électricité*[1], avait fait ressortir cette évolution et fait pressentir que la gravitation la subirait. Il semble que cette prophétie soit en train de s'accomplir, notamment par les travaux de M. Lorentz, l'illustre physicien néerlandais, de M. Wien et d'autres encore. On a vu plus haut que Laplace avait cru devoir assigner à la gravitation une vitesse de propagation prodigieuse, comme limite inférieure. C'était là, nous dit M. Wien, une erreur de principe. Pour que des calculs de ce genre fussent valables, il faudrait pouvoir accroître ou affaiblir la force d'attraction gravifique d'un corps et observer les perturbations auxquelles ces modifications donneraient naissance. Mais nous sommes complètement impuissants à modifier en quoi que ce soit la gravitation d'un corps, elle reste absolument constante, il ne peut donc s'agir que des changements provoqués par les mouvements des corps célestes. Or, ces changements sont, ainsi que l'a démontré M. Lorentz, extrêmement peu considérables; ils sont du deuxième ordre de grandeur. Rien ne s'oppose donc désormais à ce que l'on accepte pour la gravitation une vitesse de propagation finie, identique par exemple à celle de l'électricité et de la lumière[2]. Cette théorie ne semble pas encore généralement acceptée par les physiciens. Mais elle compte de nombreux partisans parmi eux ; les noms que nous venons de citer suffisent pour démontrer à quel point elle mérite l'attention. Si elle parvient à s'établir solidement, il est clair que le concept d'une action à distance se trouvera

1. HERTZ. *Ueber die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizitæt, Gesammelte Werke*, vol. Ier, p. 353.

2. W. WIEN, *Ueber die Moeglichkeit einer elektromagnetischen Begruendung der Mechanik*, Wiedemann's Annalen, 1901, p. 501 ss.

définitivement éliminé, car il n'y aura plus, dans le domaine tout entier des sciences, un seul fait qui nous imposera cette « extravagance », pour parler comme Lord Kelvin.

Pour résumer en quelques mots les résultats du rapide examen auquel nous nous sommes livrés, les théories mécaniques se sont révélées à nous comme à la fois très compliquées et irrémédiablement contradictoires au fond, donc comme infiniment peu satisfaisantes pour l'esprit. Cette conclusion ne semble-t-elle pas donner raison à ceux qui voudraient, soit les retrancher complètement de la science, soit les y conserver uniquement à titre d'aide-mémoire ?

Mais si, d'autre part, on tente d'embrasser d'un coup d'œil les théories physiques de tous les siècles, on ne peut pas ne pas être frappé du caractère commun des éléments qui les composent. On représente quelquefois, surtout dans des livres de vulgarisation scientifique, l'atomisme comme le dernier mot de la science, comme un résultat auquel celle-ci serait péniblement parvenue. Et comme l'on ne saurait nier la grande antiquité des systèmes atomiques, on a cherché à faire une distinction entre les systèmes des anciens et ceux des modernes, en déclarant que les premiers étaient des « représentations spéculatives arbitraires », alors que les seconds seraient de « véritables découvertes de la science ». Lange déjà, dans son *Histoire du matérialisme*, a fait justice de cette allégation de Büchner.[1] En réalité la similitude entre les uns et les autres est parfaite.

Si fragmentaires que soient nos connaissances sur les commencements de notre savoir, elle nous permettent de constater que l'atomisme, sous une forme ou une autre, apparaît à l'aube même de la science. Dans l'Inde, il est complet dès le douzième siècle avant J.-C. ; il y a été, comme le constate son historien, M. Mabilleau, « non seulement la première, mais la plus constante et presque l'unique forme de la philosophie de la nature »[2]. On y relève deux principaux systèmes de philosophie atomistique. Le premier en date, celui de Kanada, se rapproche des idées d'Anaxagore, en ce sens qu'il admet des atomes qualitativement différents les uns des autres. Les atomes de Kanada sont inétendus ; ils sont doués d'une sorte de faculté ou de puissance (qui se rapproche

1. Lange. *Geschichte des Materialismus*, 4e éd. Iserlohn, 1882, p. 511.

2. Mabilleau. *Histoire de la philosophie atomistique*. Paris, 1896, p. 14.

singulièrement, si nous devons en juger par des fragments de texte que nous trouvons chez M. Mabilleau, de l'antitypie de Leibniz) et aussi de gravité, cause de la chute. Bien entendu, car c'est là le fondement essentiel de toute théorie mécanique, tout fait matériel se réduit à un déplacement local[1]. Les Jaïnas, à l'encontre de Kanada, ne reconnaissent pas d'éléments divers au point de vue qualitatif, mais des atomes homogènes, comme ceux de Leucippe et de Démocrite[2]. C'est leur système surtout qui semble avoir prévalu dans la suite chez les Hindous. En Grèce, on fait généralement dater l'atomisme de Leucippe; mais M. Mabilleau, à juste titre, fait ressortir les nombreuses analogies qui rattachent à son système les doctrines antérieures, celles de Thalès, d'Anaximène, d'Anaximandre, des Pythagoriciens, de Parménide et des Eléates, d'Héraclite et d'Empédocle[3]; La doctrine de ce dernier surtout, avec ses éléments immuables, qui, uniquement par le mélange et la séparation, créent les apparences de changement, prépare les voies à l'atomisme. Ritter a cru pouvoir inférer de certains textes attribués à Parménide qu'il a dû y avoir des systèmes atomistiques complets en Grèce bien avant Leucippe[4]; c'est une supposition qui, pour nous, n'a rien d'invraisemblable. Nous connaissons mal les rapports entre Leu-

1. Mabilleau, *Ib.*, p. 20-23.

2. *Ib.*, p. 29. Nous avons, dans le texte, suivi, en ce qui concerne l'atomisme hindou, les indications de M. Mabilleau. Mais il semble que des travaux plus récents que ceux que l'auteur de l'*Histoire de la phil. at.* avait à sa disposition soient de nature à modifier ces données. La philologie hindoue contemporaine paraît de moins en moins portée à reculer l'âge des sources; elle constate que nous savons peu de chose de l'Inde avant l'époque d'Alexandre. Cependant le plus ancien document que nous ayons sur les Jaïnas et qui date d'Asoka, vers 250 av. J.-C. nous les montre déjà, constituant un ordre important (Guérinot. *Essai de bibliographie Jaïna*. Paris, 1905, p. XXVIII), et l'on suppose que les indications fondamentales de la doctrine datent du fondateur Mahavira, qui aurait vécu au début du vi[e] siècle avant notre ère (*Ib.*, p. V). — Que si l'on considère au contraire l'atomisme hindou comme postérieur en date à celui des Grecs, les rapports entre l'un et l'autre se trouveront simplement renversés et les conclusions, soit que l'on suppose une parfaite indépendance des deux doctrines, soit que l'on admette une filiation entre elles, resteront celles que nous développons page 79. — Constatons aussi que, d'après certains textes (cf. notamment H. Jacobi. *Eine Jaina-Dogmatik*, Zeitschrift der deutschen morgenlaendischen Gesellschaft, Bd. 60, Heft 2, Leipzig, 1906, p. 515 ss.; Warren, *Les idées philosophiques et religieuses des Jaïnas*. Annales du Musée Guimet, X, 1887, p. 361), il semble au moins douteux que les Jaïnas aient conçu des atomes dénués de qualités.

3. Mabilleau, *l. c.*, p. 63 à 136, *passim*.

4. *Ib.*, p. 149.

cippe et Démocrite[1] et nous ne savons au juste quelle est la part de chacun d'eux dans le système qui est présenté plus communément sous le nom du second, mais appartient certainement en grande partie au premier, antérieur en date. Tout a été dit sur ce système, et le moins assurément qu'on en puisse affirmer, c'est qu'il est absolument complet; tel il est sorti des mains de ces Grecs du v° siècle avant J.-C. tel nous le verrons reparaître, presque sans changements ou avec des retouches insignifiantes, chez les philosophes et les savants jusqu'à la fin du XIX° siècle, c'est-à-dire jusqu'à l'instauration des théories électriques de la matière. Pour le résumer, il suffit de citer quelques-uns des admirables, mais, hélas ! trop rares fragments qui nous sont parvenus de Démocrite. « Il y a deux sortes de connaissance : la connaissance réelle et la connaissance obscure; à la connaissance obscure appartiennent toutes choses de la vue, de l'ouïe, de l'odeur, du goût, du toucher; la connaissance réelle est distincte de celle-ci ». « Le doux et l'amer, le chaud et le froid, la couleur ne sont que des opinions; il n'y a de vrai que les atomes et le vide. » « Nous ne percevons rien de vrai en ce qui concerne la chose elle-même, si ce n'est ce qui est modifié au point de vue de la position du corps et des choses qui tombent sur nous ou nous résistent.[2] » L'atomisme d'Epicure, qui se distingue peu de celui de Démocrite (nous ne sommes même pas bien fixés sur la nature de ces distinctions[3]) a été une des philosophies dominantes de l'antiquité et a fait éclore, dans le monde latin, ce chef-d'œuvre impérissable, le *De natura rerum* de Lucrèce. Les œuvres de Héron d'Alexandrie et de Vitruve[4] montrent que les physisiens avaient coutume de prendre pour base des conceptions atomiques, quelquefois mêlées à des conceptions empruntées aux philosophes de la « qualité ». Même en médecine une théorie corpusculaire était très répandue, comme nous le voyons par le livre de Caelius Aurelianus[5] qui jouissait d'une grande autorité. Les premiers chrétiens citaient volontiers Lucrèce; même après la victoire définitive du christianisme, et tout en combattant la doctrine d'Epicure, Saint Ambroise et Saint

1. Mabilleau, *Ib.*, p. 214.

2. Mullach. *Fragmenta philosophorum græcorum*. Paris, 1860, p. 357 ss.

3. Mabilleau, *l. c.*, p. 194-200, 272.

4. Cf. Lasswitz, *Geschichte der Atomistik*. Hambourg et Leipzig, 1890, p. 214-218.

5. *Ib.*, p. 214.

Jérôme conservent sa physique[1]. Au VIII[e] siècle, Raban Maur professe des opinions nettement atomistes qu'il semble avoir empruntées surtout à Lucrèce[2]. Après lui, ces théories subissent en Occident une longue éclipse, la physique d'Aristote arrive à la domination absolue. En Orient l'atomisme a fait preuve de plus de vitalité. Ce fut d'abord une école d'atomistes juifs que nous connaissons par les réfutations de Saadia, philosophe du IX[e] siècle[3]. Ensuite vint l'école arabe des Motekallim ou Motekallemin, et Maïmonide, qui d'ailleurs rejetait leurs opinions, nous en a laissé un résumé qui ne permet aucun doute sur leur accord avec Démocrite et les atomistes hindous. « Ils soutenaient, dit Maïmonide, que l'univers entier, c'est-à-dire chacun des corps qu'il renferme, est composé de très petites parcelles qui, à cause de leur subtilité, ne se laissent point diviser. Chacune de ces parcelles est absolument sans quantité; mais lorsqu'elles sont réunies les unes aux autres, cet ensemble a de la quantité et c'est alors un corps... Toutes ces parcelles sont semblables et pareilles les unes aux autres, et il n'y a entre elles aucune espèce de différence. Il n'est pas possible, disent-ils, qu'il existe un corps quelconque qui ne soit pas composé de ces parcelles pareilles, par juxtaposition; de sorte que, pour eux, la naissance, c'est la réunion, et la destruction, c'est la séparation[4]. »

A la veille de la Renaissance, l'atomisme eut en Europe un adepte en Nicolas de Autricuria ou Ultricuria[5]; nous ne le connaissons d'ailleurs que par cette circonstance qu'il fut forcé en 1348, à Paris, de renoncer publiquement à diverses doctrines antérieurement professées par lui et au nombre desquelles se trouvait la thèse que tous les phénomènes de la nature se ramènent aux mouvements de réunion et de séparation des atomes. Mais la chaîne rompue fut définitivement renouée à la Renaissance. Préparé par Giordano Bruno, Fernel, Gorlaeus, Sennert, Seb. Basso, Beringard, Maquedus, l'atomisme de Démocrite et d'Epicure est formulé dans toute sa

1. J. Philippe. *Lucrèce dans la théologie chrétienne*. Paris, 1895, p. 9, 11, 13.

2. *Ib.*, p. 42 ss.

3. Cf. Picavet. *Esquisse d'une histoire des philosophies médiévales*, 2e éd., Paris, 1907, p. 37, 163.

4. Moïse ben Maïmoun. *Le guide des égarés*, trad. Munk. Paris, 1856-66. vol. I, p. 377.

5. Cf. Lasswitz, *l. c.*, p. 257 ss

rigueur par Gassendi. Entre temps, Galilée et Descartes avaient transformé la physique et définitivement écarté les conceptions aristotéliciennes. Tous deux sont mécanistes et Descartes surtout, avec un éclat et une autorité incomparables, proclame cette doctrine que tout phénomène doit se ramener en dernière analyse à un changement mécanique. Il est inutile de poursuivre cet historique plus loin. Jusqu'à la fin du XIX[e] siècle, les principes de Descartes ont dominé la science de la manière la plus absolue : on ne saurait citer un savant de quelque renom qui s'en soit sciemment écarté.

Sans doute, dans notre rapide résumé, nous n'avons fait ressortir que les grands traits de la théorie, en négligeant les nuances. L'atomisme des Motekallemin qui résout l'espace en points et le temps en instants indivisibles, nécessitant des actes de création incessants de la divinité, se rapproche des conceptions des Hindous, mais se distingue nettement de l'atomisme corpusculaire de Démocrite. Ni Galilée ni Descartes ne sont atomistes dans le sens propre du mot et, parmi les physiciens postérieurs, beaucoup d'entre ceux mêmes qui déclarent adhérer à cette doctrine en formulent les principes de manière fort diverse, souvent sans rigueur aucune, et d'ailleurs s'en écartent quelquefois dans la pratique. Il est certain néanmoins que l'on peut réunir toutes ces conceptions sous le terme de *mécaniques* et que leur fonds commun est considérable[1]. En somme, il ne semble point trop téméraire d'affirmer que les hypothèses mécaniques sont nées avec la science et qu'elles ont fait, pour ainsi dire, corps avec elle pendant toutes les époques où elle progressait réellement, celle où la science faisait abstraction de ces hypothèses ayant été aussi une époque de progrès très lent[2]. Cette coïncidence

1. Non seulement les philosophes et les historiens de l'atomisme, tels que Lange, MM. Lasswitz et Mabilleau, mais encore beaucoup de physiciens ont la claire notion de cette continuité. Cf. par exemple LARMOR, *Ether and Matter*. Cambridge, 1900, p. 25.

2. L'opinion que nous exprimons dans le texte a trouvé des contradicteurs. Comte déjà avait pris la défense des siècles du moyen âge « temps mémorables, injustement qualifiés de ténébreux par une critique métaphysique dont le protestantisme fut le premier organe » (*Cours*, V, p. 317, cf. VI, p. 81). Mais les opinions de Comte, ici comme ailleurs, s'expliquent par ce fait qu'il subordonnait l'intérêt proprement scientifique à des intérêts étrangers à ce domaine. M. Duhem, dans des ouvrages dont l'importance au point de vue de l'histoire et de la philosophie des sciences ne saurait être estimée trop haut, cherche à démontrer que notre science se rattache, par une filiation directe, à celle du moyen âge et que les « soi-disant renaissances » n'ont été que « des réactions fréquemment injustes et

n'est-elle pas faite pour nous étonner? Stallo lui-même, qui est un adversaire déterminé du mécanisme, le considérant comme préjudiciable au progrès de la science, comme « un reste du réalisme du moyen-âge[1] » (opinion assez bizarre, on a pu s'en convaincre par ce que nous venons d'exposer), est cependant forcé de convenir que la théorie atomique « a tenu bon avec plus de persistance qu'aucune autre opinion de la science ou de la philosophie[2]. »

Les historiens de l'atomisme ont généralement supposé une filiation de ces doctrines. Elle n'a rien d'impossible. Si différent que soit l'atomisme de Leucippe et de Démocrite de celui de Kanada et des Jaïnas, il se peut fort bien que quelques germes des idées orientales aient pénétré à l'origine dans la philosophie hellénique[3]. Les Juifs se sont certainement inspirés des Grecs. Les Motekallemin ont pu être également influencés par des conceptions hindoues, par des écrits juifs, et aussi par les théories atomiques telles que les exposaient certains livres de médecine comme celui de Caelius Aurelianus. Enfin la renaissance moderne des théories mécaniques se rattache certainement au renouvellement des études classiques. Pourtant, cette pérennité des conceptions mécaniques a quelque chose d'étrange. Ne faut-il pas que le terrain où elles éclosent soit d'une nature particulièrement favorable, puisque des germes souvent infimes déterminent aussitôt une prodigieuse prolification?

Enfin, nous assistons depuis plusieurs lustres à un spectacle impressionnant. La marche rapide de la science semble en ébranler jusqu'aux fondements réputés les plus solides. Et pourtant, dans ce bouleversement universel, certaines

stériles ». Nous croyons que tout ce que l'on peut démontrer ainsi c'est que (comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre) les longs siècles du moyen âge n'ont pas été *entièrement* improductifs et que la rupture à la Renaissance n'a pas été complète. Il n'en reste pas moins que l'acquis de ces dix siècles, comparativement à celui de la période de l'activité réelle de l'esprit hellénique, est infime et que cet avancement si lent a subi une merveilleuse accélération à la Renaissance, au point que la science moderne apparaît, selon la juste parole de M. Milhaud (*Etudes sur la pensée scientifique chez les Grecs et chez les modernes*. Paris, 1906, p. 2) comme « la suite naturelle, par delà des siècles de repos, de la science grecque elle-même ». La Renaissance demeure assurément le fait le plus considérable de l'histoire des sciences tout entière.

1. Stallo, *l. c.*, p. 114.

2. *Ib.*, p. 60.

3. Cf. p. 75, note 2.

conceptions, se rattachant aux théories mécaniques ou atomiques, font preuve d'une curieuse fixité. Des observateurs impartiaux en sont frappés. C'est ainsi que M. Henri Poincaré constate que la plupart des conclusions de Fresnel, bien que fondées sur une hypothèse moléculaire, subsistent sans changement quand on adopte la théorie électromagnétique de la lumière[1]. M. Étard, tout en exprimant des doutes au sujet de l'existence des atomes et des molécules, fait cependant ressortir que l'ensemble des travaux les plus récents se classe sans difficulté dans le cadre de la théorie des *ions* de M. Svante Arrhénius, laquelle n'est elle-même qu'une forme de la théorie cinétique, de sorte que, finalement, la chimie générale « se confond avec la théorie atomique prise dans le sens le plus large[2]. » M. C. Rutherford, résumant les conceptions qui dominent la science actuelle, conceptions au développement desquelles il a tant contribué, déclare qu'elles confirment « la vieille théorie de la structure discontinue ou atomique de la matière[3]. » M. Larmor estime que le développement des théories électriques tend constamment vers l'atomisme[4], alors que, pendant la plus grande partie du XIXe siècle, les théories régnantes dans cette partie de la science paraissaient fondées sur des suppositions très différentes[5]. M. Jean Perrin constate également que l'hypothèse atomistique qu'il qualifie d'*heureuse* « de plus en plus et malgré tout l'étonnement qu'on en peut ressentir, paraît bien mériter le nom d'exacte[6]. » M. Lucien Poincaré, en examinant les progrès de la physique moderne, note avec surprise que les hypothèses cinétiques sont en train d'y opérer de nouvelles conquêtes. « L'histoire de la physique, semblable à l'histoire des peuples, ne serait-elle donc qu'un éternel recommencement

1. H. Poincaré. *Leçons sur la théorie mathématique de la lumière*. Paris, 1889, p. III.

2. A. Étard. *Les nouvelles théories chimiques*, 3e éd. Paris, s. d., p. 8, 30, 35, 44.

3. E. Rutherford. *Radio-Activity*, 2e éd. Cambridge, 1905, p. I.

4. Larmor. *Ether and Matter*. Cambridge, 1900, p. 25. La marche de la science depuis que M. Larmor a formulé cette opinion tend à la confirmer. A l'heure actuelle, la structure atomique de l'électricité apparaît certainement à la plupart des physiciens comme la base assurée de tout l'édifice théorique de cette partie de la science. Cf. J.-J. Thomson, *Electricity and Matter*. Cambridge, 1905, p. 41 ss., et Mme Curie, Revue scientifique, 17 nov. 1906, p. 609.

5. Larmor., *l. c.*, p. 71.

6. Bulletin de la Société française de philosophie 6e année, 1906, p. 85.

et devons-nous périodiquement revenir aux conceptions que, dès l'antiquité, les philosophes ont imaginées ? Les progrès de la thermodynamique nous avaient cependant fait concevoir d'autres espérances; elle semblait pouvoir nous guider à elle seule dans le domaine physique, tout en ne s'appuyant elle-même que sur des raisonnements et des principes formés par la généralisation naturelle de quelques lois expérimentales. Nous faudra-t-il donc toujours avoir recours à des images, à des interprétations mécaniques, sans doute si peu conformes à la nature[1] ? » Ce physicien, on le voit, ne manifeste aucun enthousiasme à l'égard des théories en question, ce qui rend son témoignage d'autant plus recevable.

Il est remarquable, d'ailleurs, que cette évolution ne s'opère pas par une marche constante, mais par heurts, par une sorte de mouvement de flux et de reflux. Pendant une partie du XIXe siècle, les théories atomiques étaient un peu délaissées, tombées en discrédit, du moins en apparence. M. Ostwald proclamait « la déroute de l'atomisme[2] ». M. Duhem voulait orienter la science vers un retour au péripatétisme. Il est certain qu'à l'heure actuelle ces deux penseurs, en dépit de leur grande autorité, ne sont plus suivis en cette question que par une infime partie de l'opinion scientifique, laquelle au contraire subit, comme nous venons de le dire, une puissante poussée vers les doctrines atomistiques.

Cournot déjà avait pressenti que le succès des théories cinétiques devait avoir des raisons profondes. « Aucune des idées de l'antiquité, dit-il, n'a eu une plus grande, ni même une pareille fortune. Il faut que les inventeurs de la doctrine atomistique soient tombés de prime abord ou sur la clef même des phénomènes naturels, ou sur une conception que l'esprit humain lui suggère inévitablement[3]. »

Cournot a raison, et nous pouvons à présent serrer la question de plus près qu'il ne l'avait fait. Fixons d'abord ce point essentiel : les théories cinétiques sont *explicatives*. Notre esprit, souvent, les exige impérieusement, et il s'en montre toujours satisfait quand il les reconnaît valables ou que seu-

1. Lucien Poincaré, *Revue annuelle de physique*, Revue générale des sciences, vol. IX, 1898, p. 429.

2. Ostwald, *La déroute de l'atomisme contemporain*, Revue générale des sciences, 1895, p. 953 ss.

3. Cournot, *Traité de l'enchaînement des idées fondamentales dans la science et dans l'histoire*, Paris, 1861, p. 245.

lement elles ont quelque chance de paraître telles. Nous avons vu plus haut que cela résulte nettement de la pratique des savants. Mais, au surplus, quelques-uns d'entre ces derniers l'ont expressément affirmé. Leibniz déjà, dans un passage fréquemment cité, constate un peu ironiquement ce caractère particulier des théories atomiques[1]. Mais son ironie ne s'appliquait évidemment qu'au concept de l'atome. Quant au principe d'après lequel tout phénomène devait se réduire au mécanisme, Leibniz, nous l'avons vu, l'a proclamé aussi fermement que Descartes, et il a marqué avec une clarté parfaite que cette réduction lui paraissait nécessaire pour rendre les phénomènes intelligibles. Son grand contemporain Huygens, après avoir défini la « vraie philosophie » comme étant celle « où les causes de tous les effets naturels sont conçues par des raisons mécaniques », ajoute : « ce qui doit se faire, à mon avis, si nous ne voulons abandonner tout espoir de comprendre quelque chose en physique[2] ». Des savants modernes ont été, si possible, plus explicites encore; M. E. Du Bois-Reymond, dans un passage qui rappelle étrangement celui de Huygens, définit la science comme « l'action par laquelle nous ramenons les modifications dans l'univers physique à la mécanique des atomes » et continue : « C'est un fait psychologique, que là où cette réduction réussit, notre besoin de causalité (*Causalitaets beduerfniss*) se trouve satisfait pour le moment[3] »; Lord Kelvin écrit : « Il me semble que le vrai sens de la question : comprenons-nous ou ne comprenons-nous pas un sujet particulier en physique? est : Pouvons-nous faire un modèle mécanique correspondant[4]? » Ailleurs il s'exprime en ces termes : « Je ne suis jamais satisfait tant que je n'ai pas pu faire un modèle mécanique de l'objet; si je puis faire un modèle mécanique, je comprends; tant que je

1. Leibniz, éd. Erdmann, p. 798 « Quand j'étais jeune garçon, je donnai aussi dans le Vuide et dans les Atomes; mais la raison me ramena. L'imagination était riante. On borne là ses recherches : on fixe [sa] méditation comme avec un clou; on croit avoir trouvé les premiers éléments, un non plus ultra. Nous voudrions que la Nature n'allât pas plus loin, qu'elle fût finie, comme notre esprit... »

2. Christiani Hugenii *Opera reliqua*. Amsterdam 1728, p. 2. « ... in verâ philosophiâ in quâ omnium effectuum naturalium causæ concipiuntur per rationes mechanicas : id quod meo judicio fieri debet nisi velimus omnem spem abjicere aliquid in physica intelligendi. »

3. E. Du Bois-Reymond. *Reden*. Leipzig, 1886-87, p. 105-106.

4. W. Thomson. *Notes of Lectures on Molecular Dynamics*, etc. Baltimore, 1884, p. 132.

ne puis pas faire un modèle mécanique, je ne comprends pas[1]. » Maxwell commence par déclarer que « quand un phénomène quelconque est susceptible d'être décrit comme un exemple d'un principe général applicable à d'autres phénomènes, ce phénomène est dit expliqué », ce qui semble conforme, on le voit, à l'opinion de Comte et de M. Mach. Mais il ajoute aussitôt : « D'autre part, quand un phénomène physique est susceptible d'être complètement décrit comme une modification dans la configuration et le mouvement d'un système matériel, l'explication dynamique de ce phénomène est considérée comme étant complète. Nous ne pouvons concevoir une explication ultérieure comme nécessaire, désirable ni possible[2]. » On le voit, pour Maxwell, l'explication par la loi n'est pas aussi complète que celle par le mécanisme ; c'est cette dernière seule qui paraît « ultime ».

Si l'analyse à laquelle nous nous sommes livré plus haut en ce qui concerne le principe de causalité est exacte, si ce principe consiste essentiellement dans l'application à l'objet dans le temps d'un postulat qui, dans la science légale, ne s'applique qu'à l'objet dans l'espace, nous devons en voir ici la preuve ; les théories atomiques ou cinétiques, au moins en ce qui concerne leurs traits essentiels et durables, doivent pouvoir se déduire de ce principe. C'est ce dont il est, en effet, facile de se rendre compte.

Le monde extérieur, la nature, nous apparaît comme infiniment changeant, se modifiant sans trêve dans le temps. Cependant le principe de causalité postule le contraire : nous avons besoin de comprendre, et nous ne le pouvons qu'en supposant l'identité dans le temps. C'est donc que le changement n'est qu'apparent, qu'il recouvre une identité qui est seule réelle. Mais il y a là, semble-t-il, une contradiction. Comment pourrai-je *concevoir* comme identique ce que je *perçois* comme divers? Il existe pourtant une issue, un moyen unique de concilier dans une certaine mesure ce qui paraît au premier

1. W. Thomson, *Conférences scientifiques et allocutions*, Trad. Lugal et Brillouin. Paris, 1894, p. 299.

2. Maxwell, *Scientific Papers*. Cambridge 1890, vol. II, p. 418. Cf. id. *La chaleur*. Trad. Mouret, Paris, 1891, p. 386 : « Quand nous avons acquis la notion de la matière en mouvement, et que nous savons ce que l'on entend par l'énergie de ce mouvement, *nous sommes incapables* d'aller plus loin et de concevoir qu'une addition quelconque possible à nos connaissances puisse expliquer l'énergie du mouvement ou nous en donner une connaissance plus complète que celle que nous avons déjà. «

abord inconciliable. Je puis supposer que les éléments des choses sont restés les mêmes, mais que leur arrangement s'est modifié ; dès lors, avec les mêmes éléments, je pourrai faire apparaître des ensembles fort différents, tout comme à l'aide des mêmes lettres on peut composer une tragédie et une comédie (L'image est d'Aristote[1]). J'arrive ainsi à concevoir que « la production et la destruction des choses ne sont que la réunion et la dissolution de leurs éléments » ; c'est Leucippe lui-même qui a exposé en ces termes les fondements de son système, mais, avant lui, Anaxagore et Empédocle avaient dit des choses analogues[2].

La possibilité de cette conciliation repose évidemment sur la nature particulière de notre concept du déplacement. Le déplacement est et n'est pas un changement. Quand un corps s'est déplacé, il a bien subi une modification ; et cependant il m'apparaît comme identique à lui-même. Cela tient d'ailleurs, nous l'avons vu, à l'essence même de notre concept de l'espace, telle que nous le retrouvons au fond non seulement des sciences physiques, même réduites à la partie légale seule, mais encore de la géométrie.

Le déplacement m'apparaît donc comme le seul changement intelligible ; si je veux expliquer des modifications, c'est-à-dire les ramener à l'identité, force me sera d'y avoir recours. Voici un corps qui me donnait tout à l'heure la sensation du froid et qui, rapproché d'un autre, en réduisait le volume ; maintenant il me brûle si je le touche et produit au contraire une augmentation du volume des corps voisins. C'est que, ou bien à la substance de ce corps s'en est jointe une autre, invisible, mais qui préexistait autre part, ou bien que l'arrangement ou le mouvement des parties du corps lui-même s'est modifié. On sait que les deux « explications » ont tour à tour dominé la science. La première a donné naissance à l'hypothèse des fluides, alors que la seconde fait le fond des théories cinétiques ; mais elles dérivent l'une et l'autre du même principe.

Négligeons pour le moment la première alternative ; nous

1. Aristote. *De la production et de la destruction*, l. I, chap. II, § 5. Le contexte ferait presque croire que cette image a été empruntée à un atomiste, bien que, nous le verrons plus tard, elle soit aussi d'accord avec les théories péripatéticiennes. Elle se retrouve d'ailleurs chez Lucrèce. l. II, v. 668 ss.

2. Rosenberger, *Geschichte*, vol. I, p. 11-12.

y reviendrons plus tard. Notre déduction étant tout à fait générale, ce que nous avons établi pour le phénomène calorique s'applique à tout phénomène quel qu'il soit. On ramènera donc forcément tous changements des corps à des arrangements, des modifications dans l'espace, à des déplacements de parties ; c'est-à-dire que, comme le postulait Démocrite, le « doux et l'amer, le chaud et le froid, la couleur » ne sont plus que des « opinions », la seule réalité consistant dans « ce qui est modifié au point de vue de la position du corps ». On voit clairement que cette disparition de la qualité est une conséquence directe des prémisses fondées elles-mêmes sur le postulat d'identité.

Ces parties dont le déplacement sera le phénomène essentiel de la réalité, le seul phénomène réel, j'ai conclu à leur existence à l'aide d'un raisonnement ; mais il va sans dire que je ne puis les apercevoir directement : c'est donc qu'elles sont fort petites. Ces parties ou particules restent d'ailleurs toujours identiques à elles-mêmes, éternelles, immuables : ceci encore est une conséquence directe du postulat fondamental. Et comme elles doivent se déplacer sans subir aucune modification et que ce mode de déplacement est, dans le monde matériel, le privilège des corps solides, les particules seront forcément des ultra-solides immodifiables, par conséquent impossibles à briser, à diviser mécaniquement, des *atomes*.

Nous voilà au terme de notre déduction ; nous montrerons plus tard qu'un autre trait distinctif des théories atomiques, l'unité de matière qu'elles supposent, peut s'expliquer d'une manière analogue. Mais notre exposé suffit, semble-t-il, pour établir quel est le véritable fondement de ce « fait psychologique » dont parle E. Du Bois-Reymond : la force explicative des théories réside essentiellement dans l'application du postulat de l'identité dans le temps. On voit clairement aussi que c'est en vertu de ce postulat que les théories physiques sont dominées par le concept de particules discrètes. C'est là ce qui les différencie des conceptions mathématiques où l'infiniment petit, l'indivisible, ne paraît jamais que momentanément pour se fondre aussitôt dans le continu [1]. Cette différence a sa source

1. HANNEQUIN a été vivement frappé par le problème que soulève cette différence et a tenté de le résoudre (*l. c.*, p. 92), à notre avis vainement. Il semble avoir eu le sentiment très net que mécanisme et principes de conservation se rattachent au même ordre d'idées ; mais, par suite de l'idée préconçue selon laquelle le discontinu serait introduit dans la physique par les mathématiques, il a déduit l'atomisme du concept du mouvement rec.



dans le fait que les mathématiques pures ne s'occupent pas du changement dans le temps[1]. Mais dans les sciences physiques, où l'on traite de ce dernier, comme il faut l'expliquer et que l'on ne peut postuler l'identité du tout, force est de se rabattre sur des parties qui, devant être immuables, ne peuvent être conçues que comme des individus discrets, limités dans l'espace.

Le fait que le postulat de l'identité dans le temps fait partie intégrante de notre raison explique la spontanéité avec laquelle ces théories naissent et la facilité prodigieuse avec laquelle elles se développent. Nous comprenons, de même, qu'il y ait dans la science non pas une doctrine atomique, mais une multiplicité de doctrines qui, tout en ayant certains traits fondamentaux communs, s'accordent mal, voire même se contredisent souvent. C'est que ce sont des conceptions nées plus ou moins spontanément, sous l'influence d'une seule et même tendance, par la considération d'un groupe déterminé de phénomènes ; ce ne sont pas, comme on pourrait le croire, des dérivations d'une théorie unique. De là aussi l'illusion si fréquente chez les savants et même chez quelques philosophes qui prétendent distinguer la conception atomique spéciale à une partie de la science comme « vérité expérimentale » de la théorie atomique générale qualifiée d'hypothétique[2], voire même l'ensemble des théories atomiques mo-

tiligne et uniforme, c'est-à-dire du principe d'inertie (*l. c.*, p. 74 ss). C'est évidemment une anomalie au point de vue historique, car l'atomisme moderne se trouve dès lors séparé de celui des Grecs, des Hindous, des Juifs et des Arabes. C'est Spir, croyons-nous, qui, le premier, a déduit, un peu confusément il est vrai, l'atomisme du principe de l'identité dans le temps (*l. c.*, p. 424-425). La première édition de *Denken und Wirklichkeit* a paru en 1873. Hannequin semble avoir ignoré cette déduction ; l'*Essai critique* a paru en 1895, un an avant la traduction française de l'œuvre de Spir.— Il est extrêmement curieux de constater qu'Auguste Comte, avec la pénétration dont il fait preuve si souvent quand ses préoccupations sociales ne sont pas en jeu, a rapproché le rôle de l'hypothèse corpusculaire dans la physique, de celui du principe d'inertie en mécanique. (*Politique positive*, vol. I, p. 520, 555.)

1. A l'appui de cette manière de voir, on peut remarquer que l'indivisible ne paraît en mathématique, même d'une manière passagère, qu'à propos de considérations relatives au mouvement, c'est-à-dire au temps. C'est parce que le mouvement supposé n'a rien de réel, parce qu'on en élimine l'image dès que la courbe est engendrée, que celle-ci, redevenant, comme dans la géométrie synthétique, un concept formé en dehors du temps, devient du même coup continue. Il semble que Hannequin ait, à un moment donné, entrevu quelque chose de ce rapport (*l. c.*, p. 72).

2. Les chimistes surtout sont très enclins à cette illusion. Cf. par exemple Schützenberger, *Traité de chimie générale*, p. VII.

dernes de celles des anciens[1], alors qu'il est facile de s'apercevoir qu'en réalité toutes ces conceptions se tiennent, qu'il y a entre elles une véritable communauté de fond. Cette communauté subsiste en dépit de ce qui paraît à première vue une diversité fondamentale du point de départ. Qu'y a-t-il de plus différent du corpuscule de Lucrèce, de Gassendi et de Boyle, que l'atome-point de Boscovich ou l'électron des théories contemporaines ? Et cependant, nous sentons instinctivement que les éléments communs à ces conceptions l'emportent de beaucoup sur leurs traits distinctifs. Ce sont des « théories atomiques », nous pouvons penser à leur ensemble sans préciser la nature de l'atome ; en fait, des physiciens ont fréquemment édifié des théories atomiques tout en laissant cette question dans l'indétermination.

Ayant adhéré fortement à une forme particulière de la théorie atomique, des savants et des philosophes se sont souvent donné une peine infinie pour motiver ce qui leur apparaissait comme sa base essentielle ; ils ont cherché à établir que leur conception de l'atome était logique et (ce qui était infiniment plus facile) que la conception adverse recélait d'irrémédiables contradictions. D'autres fois, on a cherché à dégager les fondements des théories par une analyse psychologique des éléments sensibles qui concourent à créer les concepts formant (comme ceux d'atome ou de force) les termes ultimes de la réduction[2]. Il est certain que nous cherchons à rendre nos théories aussi peu illogiques que possible. Il n'est pas niable, d'autre part, que le concept de l'atome corpusculaire dérive de notre sensation tactile, tout comme celui de l'atome dynamique est issu de la sensation d'effort. Nous tâcherons de préciser, dans un chapitre ultérieur, la voie par laquelle ces conceptions s'introduisent dans la science. Mais il apparaît clairement que ni le facteur logique ni le facteur psychologique n'ont, à beaucoup près, l'importance qu'on entend leur attribuer. Nous le répétons, la force explicative des théories

1. Cf. plus haut p. 74. — HIRN, *Conséquences philosophiques et métaphysiques de la Thermodynamique*. Paris, 1868, p. 209 : « L'existence de l'atome matériel fini et indivisible est *aujourd'hui* un fait aussi bien démontré qu'aucun de ceux que l'homme de science accepte pour ainsi dire comme des axiomes. »

2. Une tentative très remarquable dans cet ordre d'idées est celle de M. KOZLOWSKI, *Psychologiczne zrodla*, etc. Varsovie, 1899, p. 51, 68, *Szkice filozoficzne*. Varsovie, 1900, p. 86, *Zasady przyrodoznawstwa*. Varsovie, 1903, p. 95, 245, 264 ss., 287.

provient uniquement du principe de l'identité dans le temps qu'elles cherchent à faire prévaloir, en d'autres termes de ce qu'elles font subsister quelque chose, la nature intime de la chose qui subsiste étant tout à fait secondaire. L'exposé des théories atomiques, d'après le système logique, peut se ramener au raisonnement suivant : Les phénomènes que nous apercevons nous paraissent inexplicables, à l'exception d'un seul, mettons le choc de deux corps. Ce dernier est entièrement clair, intelligible ; si nous le supposons fondamental, si nous parvenons à y ramener les autres, tout se trouvera expliqué. Or, nous avons vu que ce raisonnement pèche par son point de départ. Personne n'a jamais *compris* le choc de deux corps et personne ne le comprendra jamais, pas plus d'ailleurs que l'action à distance. Dira-t-on, conformément au système psychologique, qu'on a eu l'*illusion* de comprendre ? Sans doute, mais comment cette illusion, qu'il est si facile de reconnaître et qui a d'ailleurs été si clairement exposée par des philosophes, a-t-elle pu naître, comment persiste-t-elle avec cette vigueur, comment peut-elle servir de base à notre conception de la science et d'où vient que cette conception nous satisfasse à tel point ? Renversons les termes et l'énigme s'explique. Ce n'est pas parce que nous comprenons le corpuscule que nous le choisissons comme point de départ. Ce que nous postulons, c'est la persistance de quelque chose. Parmi les choses dont nous pouvons postuler la persistance, la moins incompréhensible, la plus proche de notre sensation immédiate ou plutôt de ce sens commun qui crée le monde extérieur, est le corpuscule matériel ; c'est donc de là que nous partirons. Il est incompréhensible au fond, dites-vous ? D'accord, mais pouvez-vous nous offrir un point de départ plus solide ? Sinon, nous nous en tiendrons à celui-là — car il nous faut à tout prix quelque chose qui subsiste — et, en négligeant entièrement ce qu'il recèle d'inexplicable et de contradictoire au fond, nous essaierons d'expliquer, avec son aide, le monde sensible. Ce n'est que si cette dernière opération échoue que nous songerons à modifier le point de départ ; nous substituerons alors au corpuscule le centre de force ou l'atome à la fois corpuscule et centre de force, — concepts encore plus incompréhensibles que le corpuscule lui-même, mais dont les contradictions ne nous embarrasseront pas davantage.

S'il fallait une preuve plus directe que tel est bien le pro-

cessus logique inconscient par lequel se constituent les théories atomiques, cette preuve nous serait fournie par l'ensemble des conceptions qu'on peut désigner par le terme de « théorie électrique de la matière » et qui se rattachent surtout au nom illustre de J.-J. Thomson. On peut affirmer, sans exagération, qu'à l'heure actuelle cette théorie triomphe, qu'elle domine l'ensemble tout entier des sciences physiques ; jamais peut-être, dans l'histoire des sciences, conception aussi générale n'est parvenue, aussi rapidement, à une telle prépondérance. Hâtons-nous de reconnaître que la théorie, par ses mérites essentiels, explique et justifie pleinement cet engouement. Elle est d'une merveilleuse généralité, pénétrant jusqu'au fond des phénomènes, non seulement de la science de l'électricité et de l'optique (liée indissolublement à la première, depuis Maxwell et Hertz), mais encore de toutes les autres branches de la physique et aussi de la chimie, où elle semble installer enfin à demeure ce vieux principe de l'unité de la matière qui était le « postulat secret » de la théorie atomique, alors que les chimistes, qui prétendaient adhérer à cette théorie, le reniaient cependant à tout moment [1]. Elle explique aussi, sans effort, ces mystérieux phénomènes des corps radioactifs qui semblaient tout d'abord ruiner les conceptions les plus fondamentales de la science. Enfin, tout en étant si générale et si abstraite, puisqu'elle résout ce qui fait le fin fond de notre représentation sensible : *la matière*, en quelque chose qui n'a plus rien de matériel, cette théorie est en même temps étonnamment concrète. En effet, cet élément ultime, ce composant de l'atome, dont la grandeur par rapport à ce dernier est à peu près du même ordre que celle d'une planète par rapport à l'ensemble du système solaire, ce mystérieux électron, elle le rend pour ainsi dire palpable. Grâce à l'observation de M. Wilson, nous pouvons le surprendre au moment où il sert de noyau autour duquel se condense une gouttelette d'eau ; et l'on sait qu'en combinant les résultats de cette expérience avec la formule de Sir George Stokes sur le rapport entre la vitesse avec laquelle s'opère la chute de petites sphères dans l'air et la grandeur de ces sphères, M. J.-J. Thomson est parvenu à mesurer cette charge minimum d'électricité que nous appelons électron et l'a trouvée identique dans les gaz chimiquement divers [2].

1. Cf. plus bas, p. 217 ss.
2. J.-J. Thomson, *Electricity and Matter*. New-York, 1904, p. 74 ss.

Nous avons, chemin faisant, indiqué quelques-unes des données caractéristiques de la théorie. Retraçons-en cependant les traits principaux, en suivant surtout le magistral exposé de M. J.-J. Thomson.

L'être le plus simple que la science eût envisagé jusqu'à ce jour, l'atome chimique, est conçu, dans la nouvelle théorie, comme une construction d'une grande complexité. Prout a cru que les atomes de tous les éléments chimiques étaient des composés d'atomes d'hydrogène, et J.-B. Dumas a envisagé la possibilité de les constituer à l'aide de demi-atomes ou de quarts d'atomes d'hydrogène ; la nouvelle théorie suppose une unité qui équivaut à peu près à 1/700 d'atome d'hydrogène. Ce que nous qualifions d'atome devient une sorte de nébuleuse sans soleil, formée d'un grand nombre de corps égaux possédant de l'inertie et soumis à des forces mutuelles électriques d'attraction et de répulsion, d'une grandeur très considérable [1]. Les théoriciens traitent cette nébuleuse selon les procédés usités en astronomie, calculent des perturbations et appliquent les lois de Képler [2]. Les atomes chimiques se distinguent les uns des autres par le nombre de ces « corpuscules » (selon la terminologie de M. J.-J. Thomson) dont ils sont composés, mais surtout par la manière dont ceux-ci se trouvent arrangés ; et l'on peut voir comment, par une conception ingénieuse et en utilisant des expériences dues à M. Mayer au sujet de l'arrangement spontané de petits aimants flottant sur l'eau, M. J.-J. Thomson parvient à expliquer les propriétés périodiques des éléments, qui seraient dues à ce que des arrangements analogues reparaissent de temps en temps, à mesure que le poids atomique des éléments augmente [3].

Mais qu'est cet élément fondamental, ce *corpuscule* qui constitue l'atome chimique et par conséquent tout ce que le sens commun qualifie de matière ? C'est, nous dit M. J.-J. Thomson, une unité d'électricité [4]. Ainsi, la matière devient un phénomène électrique. Peut-être verrons-nous plus clairement les conséquences qu'entraîne cette conception, si nous envisageons ce que devient ici le concept de masse. La théorie

1. Sir Oliver Lodge, *Sur les électrons*. trad. Nugues et Péridier. Paris, 1906, p. 159.

2. *Ib.* p. 90, 95.

3. J.-J. Thomson, *l. c.*, p. 114 ss.

4. *Ib.*, p. 87.

atomique, prise dans son sens le plus général (et en exceptant, bien entendu, les théories à la fois atomiques et qualitatives dont nous aurons à nous occuper un peu plus tard), prive l'atome de toute qualité hormis celles de pouvoir se déplacer et de pouvoir provoquer le mouvement, par contact ou par action à distance. La seconde de ces propriétés essentielles, nous l'appelons la masse, et la masse devient ainsi l'essence de la matérialité en général[1]. Si la nouvelle théorie veut expliquer la matière par l'électricité, il faut avant tout qu'elle déclare que la masse est un phénomène électrique : c'est là, en effet, une de ses conceptions fondamentales. On est arrivé très graduellement à cette hypothèse hardie. On a reconnu d'abord que l'électricité pouvait provoquer des phénomènes tels, que la masse des corps en paraissait augmentée. On appela l'inertie apparente que le corps manifestait ainsi du chef de la charge électrique « inertie électrique », pour la distinguer de l'inertie proprement dite qu'il possédait en vertu de sa masse mécanique, l'action des deux inerties apparaissant d'ailleurs comme entièrement analogue : un corps chargé qui se déplace « simule exactement la notion familière de l'inertie d'une masse matérielle ordinaire[2] ». Plus tard, on vit que ce qui avait paru d'abord accessoire pouvait bien être le principal, que l'inertie électrique de la particule élémentaire, qu'on calculait d'après des données expérimentales précises, devait l'emporter de beaucoup sur l'inertie mécanique. Finalement, il apparut qu'il ne restait pour ainsi dire plus de place pour cette dernière, que toute l'inertie apparente de l'élément pouvait être d'origine électrique. De là à déclarer qu'elle le devait, il n'y avait qu'un pas et il a été allègrement franchi. Ainsi, par un processus d'évolution, l'élément mécanique a fini par se résorber, pour ainsi dire, dans l'élément électrique ; l'atome mécanique se résout en corpuscules qui sont de purs phénomènes électriques, qui n'ont plus aucune masse mécanique, c'est-à-dire rien de matériel.

En résumant ainsi la théorie, nous l'avons peut-être représentée comme plus absolue qu'elle n'apparaît à beaucoup de physiciens ; on s'exprime parfois comme si l'on supposait que *derrière* le phénomène électrique il devait y avoir un phénomène mécanique, en d'autres termes comme si, après avoir ramené le phénomène mécanique apparent à un phénomène

1. Cf. plus loin p. 163 ss.
2. Lodge, *l. c.*, p. 14.

électrique, il fallait ramener ce dernier à son tour à un phénomène mécanique encore plus fondamental, ce qui semble évidemment peu logique. Ce n'est pas seulement Lord Kelvin — que l'on pourrait à la rigueur considérer comme un partisan attardé de l'ancien ordre de choses — qui parle de la sorte; dans les écrits des fondateurs et des sectateurs les plus déterminés de la nouvelle doctrine, on pourrait facilement trouver nombre de passages où cette conception est implicitement contenue. Mais cela tient, semble-t-il, surtout à la nouveauté de la théorie; il faut lui laisser le temps de se consolider pour que ceux-là mêmes qui la manient s'assimilent entièrement ce nouveau mode de la pensée et en aperçoivent clairement toutes les conséquences. Toutefois, on ne saurait contester, semble-t-il, que les principes des nouvelles conceptions se trouvent définis avec une netteté suffisante : le phénomène électrique est réellement conçu comme devant servir de terme de réduction à tous les autres. Il est très caractéristique, a cet égard, que, comme l'a remarqué M. Langevin dans sa préface à la traduction du livre *Sur les électrons* de M. Lodge[1], les constructions mécaniques très ingénieuses qui remplissaient une œuvre précédente du célèbre physicien aient entièrement disparu dans l'ouvrage plus récent.

Donc, le phénomène fondamental, ce n'est plus le choc de deux corpuscules, ce n'est pas non plus l'action de deux centres de force mécanique, c'est celle de deux électrons. Nous connaissons fort bien les lois qui régissent cette action et qui sont des lois expérimentales; mais qui peut dire qu'il comprend *comment* cette action s'exerce, qu'il en saisit le mécanisme? Pour ce faire il faudrait, ainsi que l'indique le synonyme dont nous venons d'user, en fournir une théorie mécanique; or, on nous en interdit l'espoir, puisque le phénomène électrique est *ultime*. Ainsi, même l'illusion du compréhensible que faisaient naître en nous l'hypothèse corpusculaire et, à un degré moindre, l'hypothèse dynamique, s'est évanouie; ce qu'on pose comme phénomène fondamental dans l'hypothèse électrique est un X, un phénomène nettement inexpliqué et qu'on déclare même inexplicable par le fait seul qu'on le pose comme le dernier terme de la réduction. Et c'est à cet X, à cet inexplicable, que doivent se ramener les phénomènes que nous avons cru comprendre. En voyant

1. Lodge, *l. c.*, p. 10.

l'action de deux masses, nous avions pensé saisir ce qui se passait; sans doute, ce n'était qu'une illusion puisque, nous l'avons vu, ni le choc, ni l'action à distance ne sont réellement explicables; mais, cette fois, nous ne pouvons même plus conserver l'illusion; car l'action mécanique que nous avons cru voir n'est qu'une apparence : la masse mécanique n'existe pas, elle n'est qu'une fonction de la masse électrique. Il est clair, de même, que l'électron n'a rien à faire avec notre sensation. Nous n'avons pas d'organe spécial sensible à cette forme de l'énergie — ce qui explique d'ailleurs qu'elle soit restée si longtemps inconnue — et il nous faut de longs détours, si nous voulons décrire ces phénomènes dans des termes empruntés au sens commun[1].

Nous n'avons pas à examiner ici quels sont les mérites de la théorie électrique au point de vue expérimental. Elle a d'ores et déjà rendu d'énormes services et il est à peu près certain qu'elle est capable d'en rendre de plus grands encore à l'avenir. Mais le fait qu'une théorie de ce genre ait pu surgir, qu'elle ait été immédiatement accueillie avec une extrême faveur et qu'elle soit arrivée, dans un laps de temps très court, à dominer la science entière, prouve clairement, semble-t-il, que ni le fait logique ni le fait psychologique ne jouent à beaucoup près, dans la genèse des théories, un rôle aussi important qu'on le suppose généralement. Ce n'est pas de là que les hypothèses tirent leur force explicative, mais à peu près uniquement des considérations de temps et d'espace, en première ligne du maintien de l'identité dans le temps. Il faut, nous l'avons dit, que quelque chose persiste, la question de savoir ce qui persiste étant relativement de peu d'importance. Notre esprit, conscient (inconsciemment conscient, si l'on veut bien nous permettre cet apparent paradoxe) de la difficulté de l'explication causale, est, pour ainsi dire, d'avance résigné à cet égard, consentant à accepter à peu près n'importe quoi, même quelque chose d'inexpliqué et de radicalement inexplicable, pourvu que la tendance à la persistance dans le temps se trouve satisfaite.

On jugera du même coup que, puisqu'il s'agit d'une tendance éternelle, invincible de l'esprit humain, rien ne servirait de lui opposer des barrières artificielles. La science, le voulût-elle, ne pourrait se débarrasser complètement des

1. Cf. plus bas p. 392.

théories cinétiques qui sont l'expression d'une forme nécessaire de notre entendement.

D'ailleurs, à supposer que cette élimination fût possible, ce qui resterait de la science ne serait pas davantage conforme au programme tracé par Comte et par M. Mach. Dans ce qui précède, nous nous sommes quelquefois exprimé comme s'il existait réellement une partie de la science découlant uniquement dù principe de légalité; mais c'était pure fiction. En réalité la science, même dans sa partie en apparence purement légale, est profondément imprégnée de la recherche de la causalité. C'est ce que nous allons tenter d'établir à présent.

Il existe, dans la science, plusieurs énoncés dont la nature semble quelque peu ambiguë. On les qualifie tantôt de principes, tantôt de lois; d'aucuns leur supposent une origine purement empirique, alors que d'autres les estiment aprioriques.

Quelquefois les savants avouent leur embarras. « Dans l'opinion de beaucoup de physiciens, dit Hertz, il apparaîtra comme inconcevable que l'expérience la plus éloignée puisse jamais changer quelque chose aux inébranlables principes de la mécanique; et cependant, ce qui sort de l'expérience peut toujours être rectifié par l'expérience[1]. » C'est surtout parce que cette ambiguité lui paraissait entacher d'obscurité les fondements tout entiers de la mécanique, que Kirchhoff a cru devoir limiter la tâche de cette science à la simple description du mouvement[2]. Et bien que, ainsi que nous le verrons dans la suite, des opinions plus justes aient été exprimées depuis fort longtemps, elles ne paraissent pas avoir prévalu jusqu'à ce jour.

On peut réunir les énoncés dont nous parlons sous le nom commun de principes de constance ou de conservation : là conservation de la vitesse ou l'inertie, la conservation de la masse, la conservation de l'énergie. Ces principes ou lois sont, on le voit, du nombre des généralisations les plus vastes et les plus importantes auxquelles l'esprit humain ait atteint jusqu'à ce jour. Nous allons montrer que, dans leur genèse, la recherche de l'identité dans le temps a joué un rôle prépondérant et que cette origine influe sur la nature et la portée de ces propositions.

1. Poincaré, *La science et l'hypothèse.* Paris s. d. p. 127.
2. Kirchhoff, *Vorlesungen ueber mathematische Physik*, 3e éd. Leipzig, 1883-1891, vol. I, préface.



CHAPITRE III

LE PRINCIPE D'INERTIE

On a affirmé quelquefois que ce principe fut connu dans l'antiquité[1]. Il est certain qu'en suivant l'exposé d'un système atomique grec, comme celui de Démocrite, à travers les réfutations d'Aristote, ou celui d'Epicure dans le *De natura rerum*, un lecteur moderne est presque invinciblement conduit à supposer que ces philosophes postulaient implicitement l'inertie. Nous ne croyons cependant pas que tel fût le cas. Nulle part, ni chez un philosophe atomiste, ni même chez aucun écrivain ancien, n'apparaît une allusion indiquant que l'on croyait au mouvement indéfini en ligne droite, en vertu d'une impulsion reçue et sans l'action continuelle d'une force. Il est probable qu'un atomiste ancien, interrogé sur la question de savoir d'où vient le mouvement continuel des particules, aurait répondu qu'elles tombent ou se meuvent en vertu d'une force qui leur est inhérente; cela se voit nettement chez Lucrèce, et Démocrite semble avoir été du même avis[2]: tout au plus aurait-il cité l'exemple de quelque mouvement persistant connu, comme celui de la toupie ou de la corde qui vibre[3], plutôt que le mouvement du corps jeté qui lui appa-

1. Tel paraît être notamment l'avis de Paul Tannery, *Galilée et les principes de la dynamique*. Revue générale des sciences, vol. XII, 1901, p. 333, Cf. aussi René Berthelot, Bibliothèque du Congrès de philosophie de 1900, vol. IV, p. 99.

2. Cf. Mabilleau, *l. c.*, p. 210-211. M. Mabilleau a certainement raison de supposer que le passage d'Aristote transcrit par lui (*Métaph.* XII, 6. 1071) et où il est question du mouvement naturel des atomes, est une citation de Démocrite. La suite « il n'y a proprement ni cause ni raison de ce qui existe éternellement » exprime une opinion de l'atomiste contre laquelle Aristote a constamment protesté. Cf. aussi *De generatione animalium*, II, 6.

3. Diogène de Laerte (*Vies et doctrines des philosophes de l'antiquité*, trad, Zévort Paris, 1847, vol. II, p. 212) affirme expressément que Démocrite aurait déclaré que les atomes sont emportés à travers l'univers par un

raissait sans doute comme un mouvement vers un but, donc forcément limité. S'il en avait été autrement, Aristote, en exposant sa théorie du mouvement circulaire naturel des corps célestes, aurait été contraint d'y faire allusion; on sait assez qu'il se donne toujours beaucoup de peine pour réfuter les opinions des atomistes. Or, son exposé semble au contraire prouver qu'il n'avait à combattre sur ce point aucune opinion adverse[1]. On pourrait objecter que cet argument n'est pas absolument probant en ce qui concerne les corps terrestres : chez Aristote, en effet, le mouvement des uns et des autres est très différent, et il eût pu à la rigueur (bien que ce soit peu probable) en être de même chez les atomistes. Mais un autre passage de la *Physique* nous semble décisif à cet égard. Aristote se sert de l'impossibilité du mouvement continu en ligne droite pour une preuve par l'absurde ; cette impossibilité lui semble manifeste au point qu'il ne suppose même pas qu'on puisse différer d'avis sur ce point[2]. Il se serait certes exprimé tout autrement si le principe d'inertie avait été affirmé, même implicitement, surtout s'il avait été formulé par Démocrite.

Dans le même ordre d'idées, un passage de Pappus, mathématicien du IIIe siècle après Jésus-Christ, prouve à quel point la conception d'une persistance indéfinie du mouvement rectiligne était étrangère aux anciens. Pappus suppose un mobile d'un poids donné, posé sur un plan horizontal, et qui, pour être mû, a besoin d'une force (δύναμις) donnée ; il demande qu'on calcule la force nécessaire pour mouvoir le poids si le plan est incliné sous un angle donné[3]. Ce passage n'admet, semble-t-il,

mouvement circulaire. — Pour la connaissance du mouvement de rotation chez les anciens, cf. plus bas p. 99.

1. Aristote, *Traité du ciel*, trad. Barth. Saint-Hilaire, livre Ier, cap. 2, § 5 : « Puis donc qu'il y a un mouvement simple et que c'est le mouvement circulaire, puis donc que le mouvement d'un corps simple doit être simple aussi et que le mouvement simple doit être celui d'un corps simple... il s'ensuit de toute nécessité qu'il existe un corps simple qui, par sa propre nature, doit être doué du mouvement circulaire ». *Ib*, l. II, cap. Ier, § 2 : « Or, comme le mouvement circulaire est parfait en lui-même, il enveloppe tous les mouvements incomplets qui ont une limite et un point d'arrêt, n'ayant lui-même ni commencement ni fin et étant sans interruption ni repos durant l'éternité toute entière » *Métaphysique*, l. XII, cap. VI : « Le seul mouvement qui, dans l'espace, puisse être continu, c'est le mouvement circulaire. »

2. Cf. plus bas p. 107.

3. Pappus, éd. Hultsch. Berlin, 1876, livre VIII prop. 9 (vol. III, p. 1055)

qu'une seule interprétation : Pappus ignorait que la force nécessaire pour déplacer un mobile sur un plan horizontal n'a aucun rapport avec celle qu'exige le déplacement du même mobile sur un plan incliné. Il croyait que si un mobile sur un plan horizontal est lancé avec une certaine vitesse, celle-ci diminuera d'elle-même avec le temps. Cette opinion est évidemment très conforme aux données de l'expérience immédiate : dans la nature on voit, en effet, le mouvement rectiligne se prolonger quelque temps en se ralentissant, pour cesser rapidement.

On a aussi voulu voir l'affirmation de l'inertie dans un passage des *Moralia* de Plutarque. Ce dernier y expose que « ce qui aide la lune à ne pas tomber (sur la terre), c'est sa marche même et la rapidité de sa révolution », et il ajoute : « Chaque corps, en effet, suit son impulsion naturelle à moins d'en être détourné par un autre... Voilà pourquoi la lune ne cède pas à l'entraînement de sa pesanteur, parce que cette pesanteur même est neutralisée par la rapidité de sa révolution [1]. » Il est certain que, pour un lecteur moderne, ces phrases semblent impliquer que l'auteur supposait une composition entre un mouvement rectiligne imprimé à la lune et l'attraction exercée par la terre. En réalité, l'idée que la lune pût suivre à la fois ces deux mouvements lui était certainement étrangère. Ce qu'il a voulu dire, c'est que le mouvement naturellement circulaire de la lune, étant plus fort que l'attraction de la terre, empêchait cette attraction de se manifester. En effet, pour illustrer son explication, il ajoute : «... Ainsi les projectiles placés sur une fronde se trouvent retenus par le mouvement circulaire qui leur est imprimé » : c'est bien le mouvement circulaire lui-même, et non pas un mouvement rectiligne composé ensuite qui manifeste son influence.

Au sujet de la persistance du mouvement rectiligne, l'antiquité paraît avoir été partagée entre deux conceptions. L'une est celle d'Aristote, qui suppose qu'un corps ne peut être mû que par un autre qui le touche continuellement, comme s'il était par exemple « porté sur un char ». Dans les conditions ordinaires, ce phénomène se trouve voilé à nos yeux, parce que, en lançant un corps, nous imprimons en même temps

cap. X. — On trouvera un exposé détaillé de la théorie de Pappus chez M. Duhem. *Les origines de la statique*, Paris, 1905, p. 189 ss.

1. Plutarque. *Du visage qui se voit dans le disque de la lune*, cap. VI, § 9. Cf. Appendice II, p. 415.

un certain mouvement à l'air et que ce dernier continue à agir ensuite sur le corps lancé : c'est la « réaction environnante ». Mais, dans le vide, le phénomène ne se produirait pas[1].

L'autre théorie se rattache au nom d'Hipparque; nous la connaissons principalement par un passage du commentaire de Simplicius sur le *Traité du ciel* d'Aristote[2]. Le corps lancé reçoit une impulsion qui demeure en lui alors que le corps qui lui a imprimé le mouvement a cessé de le toucher. Le mouvement est rectiligne, mais non uniforme; il diminue de lui-même à mesure que le temps avance, pour s'éteindre finalement. Nous dirions, en langue moderne, qu'une fois le corps lancé, une sorte d'accélération négative intervient pour l'arrêter; mais ce serait inexactement traduire la pensée des anciens : ils étaient fort éloignés de supposer que la vitesse pût se maintenir d'elle-même, et ce qui maintenait ce mouvement rectiligne et décroissant leur apparaissait sous les espèces d'une force, δύναμις; l'expression est la même que chez Pappus, qui paraît également avoir été guidé par une théorie de ce genre. Elle se retrouve aussi chez Themistius[3], autre commentateur d'Aristote, qui compare cette impulsion à la chaleur qu'on communique à un corps, ce qui est particulièrement important en ce sens que le concept du mouvement se rapproche ainsi de celui d'un *état*. Mais cet état était certainement conçu, ainsi qu'on le voit par le contexte, comme cessant de lui-même, de même que le corps chauffé revient peu à peu à sa température primitive. — Themistius ajoutait à δύναμις le qualificatif ἐνδοθεῖσα et c'est là, semble-t-il, l'origine de l'expression *vis impressa* qui a joué un rôle considérable dans la genèse du principe d'inertie; nous verrons que la signification de ce terme chez les précurseurs de Galilée correspond en effet entièrement à la conception d'Hipparque.

On trouve, en outre, chez les auteurs anciens, des considérations qui, pour nous, se rattachent étroitement au principe d'inertie et qui, en effet, nous le verrons, ont joué un certain rôle dans sa genèse, mais dont ces auteurs ne tiraient certainement aucune des conséquences qu'elles nous semblent entraîner. Ces considérations sont de deux ordres. En premier lieu, les physiciens anciens connaissent bien la persistance du

1. Cf. plus bas p. 107.

2. Cf. Appendice II, p. 416.

3. Cf. Wohlwill. *Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes*, Zeitschrift fuer Vœlkerpsychologie, t. XIV p. 379.

mouvement circulaire et l'on remarque quelquefois, dans les explications concernant ce mouvement, des expressions qui semblent se rapprocher de celles dont nous usons à propos du mouvement inertial. Ainsi, dans les *Quaestiones mechanicae* attribuées à Aristote, il est dit : « Quelques-uns affirment que la ligne circulaire est continuellement en mouvement comme ce qui persiste parce qu'il offre de la résistance[1]. »

Les considérations du second ordre ont trait à la conception que nous désignons actuellement comme celle de la *relativité du mouvement*. Sextus Empiricus se représente un bateau se déplaçant avec une certaine vitesse, alors qu'un homme, tenant une poutre, se meut sur ce bateau avec la même vitesse, mais en sens inverse[2]. Comme résultat de ce double déplacement, il se trouve que la poutre, par rapport à l'eau et à l'air, ne s'est pas déplacée du tout (Sextus dit textuellement : « reste dans la même ligne perpendiculaire de l'air et de l'eau)[3] ». Comme, d'ailleurs, les mouvements dont il est parlé sont évidemment conçus comme rectilignes et uniformes, on serait porté à conclure que Sextus les a considérés pour cette raison comme relatifs, ce qui est l'essence même du principe d'inertie. Mais, en réalité, cette idée lui est demeurée certainement étrangère. Rien n'indique qu'il ait entendu établir une différence entre le déplacement rectiligne et les autres modes de mouvement; au contraire, cet exposé est suivi chez lui de passages où, à l'aide de considérations d'un ordre très différent, il s'applique à démontrer la nature contradictoire du concept du mouvement de rotation. En effet, le célèbre sceptique cherche à ruiner le concept du déplacement en général, et les considérations sur le navire lui servent uniquement à démontrer cette conclusion qu'une chose « peut se mouvoir en se déplaçant, alors que ni la chose en totalité ni ses parties ne quittent l'endroit où elles se trouvent[4]. »

1. *Questiones mechanicae*, éd. Van Cappelle, Amsterdam, 1812, cap. IX, p. 433.

2. Sextus Empiricus, *Adversus mathematicos*, II adversus physicos, sectio II. De motu § 55 ss. *Opera*, éd. Fabricius, Leipzig, 1718, p. 643.

3. *Ib.* § 57.

4. *Ib.* — Rosenberger (*Geschichte der Physik*, Braunschweig, 1884, vol. I, p. 48) croit que l'absence des conceptions qui résultent pour nous du principe d'inertie a été une des raisons déterminantes du triomphe des théories géocentriques dans l'astronomie des anciens. Seuls les philosophes pouvaient envisager le mouvement de la terre; les Alexandrins, habitués à observer, devaient s'écarter forcément d'une telle conception. — On ne peut pas dire que cette opinion se trouve contredite par l'exposé de

Ces divers courants de la pensée antique qui, pour nous, tendent distinctement vers le même but, se retrouvent à peu près tous dans la première moitié du xv[e] siècle, chez Nicolas de Cusa. Le docte cardinal qui fut, comme on sait, un des précurseurs de Copernic, en cherchant à démontrer que la terre peut se mouvoir sans que nous nous en apercevions, se sert également de l'exemple du navire qui, tout en progressant rapidement, peut nous paraître immobile si nous ne voyons pas les rives [1].

Mais, précisément chez Cusa, on voit que cette conception de la relativité du mouvement, bien que le principe d'inertie nous semble en découler, n'a pas suffi pour faire naître cette notion. Il y a, en effet, ceci de curieux que Cusa a affirmé le mouvement indéfini en ligne droite, mais dans un cas particulier et en se fondant sur des considérations toutes différentes. Son exposé mérite d'être examiné de plus près, il semble qu'il ait exercé une influence considérable sur la marche de la science et notamment sur la genèse du concept d'inertie chez Galilée [2].

Cusa, en expliquant une sorte de jeu où il s'agissait apparemment de lancer une boule sur un plan, expose que si la boule était absolument ronde et le plancher parfaitement lisse, la première ne toucherait le second qu'en un point (Cusa dit : *in atomo*). Or, la boule, lancée sur le plan, roule, c'est-à-dire tourne. Ce mouvement tournant, s'il était naturel, durerait éternellement comme dure celui de la « sphère ultime » du ciel « sans violence ni fatigue ». (C'est là, en effet, la doctrine du mouvement circulaire naturel d'Aristote.) Car — et c'est dans cette assimilation que consiste proprement la hardiesse de la théorie de Cusa — le mouvement de la sphère céleste et celui de la boule parfaite lancée de main d'homme sur un plan absolument lisse sont strictement comparables. « Cette sphère est mue par Dieu le créateur ou l'esprit de Dieu, comme la boule est mue par toi. » En effet, la perpétuité de la rotation résulte uniquement de la perfection de la rotondité, « la forme de la rotondité est très apte à la perpétuité du mouve-

Sextus Empiricus. Il semble, en effet, que ces théories ne soient écloses que tout à fait sur le tard et qu'elles aient été considérées comme une sorte de paradoxe, susceptible de jeter un doute sur des conceptions que le bon sens acceptait comme fermement établies, mais qui ne pouvait servir de base à aucun énoncé précis.

1. Nic. Cusanus. *Opera*. Bâle 1565, cap. 10-12, p. 38 ss.

2. Cf. plus bas p. 101 et 128.

ment. » Ce qui est plus rond se meut avec plus de facilité. « C'est pourquoi, si la rondeur était au maximum, telle qu'elle ne pourrait être plus grande, elle se mouvrait comme par elle-même et serait à la fois moteur et mobile. » D'ailleurs, ce qui se meut ne saurait cesser de se mouvoir que s'il se comporte à un moment donné autrement qu'au moment précédent. « Par conséquent, la sphère sur une surface plane et égale, comme elle se comporte toujours de même, une fois mise en mouvement, se mouvra perpétuellement[1]. »

Nous avons, tout en conservant aussi fidèlement que possible les expressions de Cusa, interverti quelque peu l'ordre des phrases; mais la marche de la déduction est bien telle que nous l'avons indiquée. Il y a évidemment, dans cet exposé, des idées qui approchent de notre concept de l'inertie, par exemple dans la phrase où il est question de la cessation du mouvement; dans une autre phrase, que nous avons omise, Cusa dit que la boule se meut par l'impulsion qui dure en elle (*impetum in ipsum faciendo : quo durante movetur*). Mais cela n'a trait qu'à la rotation et c'est, en fin de compte, uniquement par la persistance du mouvement de rotation et non pas, comme nous, par celle du mouvement de translation, que Cusa arrive à concevoir le mouvement perpétuel d'une boule sur un plan.

L'idée de la relativité du mouvement était évidemment indispensable à la théorie copernicienne du mouvement de la terre. Cependant, nous voyons que Copernic lui-même était très éloigné de supposer un principe général d'inertie. Il attribue en effet aux corps célestes, tout comme Aristote, un mouvement naturellement circulaire, en indiquant nettement que ce mouvement ne saurait donner lieu à l'apparition d'une force centrifuge[2]. Tel était encore l'avis de Telesio[3]. Képler, au contraire, croyait que les mouvements des planètes étaient dus à un effluve du soleil et que chacune d'elles s'arrêterait immédiatement à un point quelconque de sa trajectoire si le soleil cessait d'agir[4], ce qui était, si possible, plus éloigné

1. Cusanus, *l. c.*, p. 212-214.

2. Nic. Copernici. *De revolutionibus orbium cœlestium*, libri VI. Thorn, 1873, cap VIII. p. 23.

3. Bernardini Telesii Cosentini *De rerum natura*, etc. Naples, 1570, livre II, chap 50, p. 85.

4. Cf. Appendice II, p. 421 ss.

encore de la conception de l'inertie que le mouvement circulaire naturel d'Aristote et de Copernic.

Au XVII[e] siècle encore nous voyons Carpentarius qui, cependant, à bien des égards, s'était affranchi de l'influence de la philosophie scolastique, se servir contre Aristote, pour établir la pesanteur de l'air, d'une démonstration où il est dit que l'air poussé en haut ne se mouvrait vers « aucun centre » ; le mouvement serait donc infini, ce que, bien entendu, l'auteur considère comme absurde[1].

Cependant au XVI[e] siècle Cardan avait repris, avec plus de netteté encore que Cusa, les idées d'Hipparque. Réfutant la théorie d'Aristote sur le mouvement d'impulsion il dit : « Et quand on suppose que tout ce qui est mouvé, est mouvé de quelque chose, c'est très vrai : mais ce qui mouve, c'est une impétuosité acquise, ainsi que la chaleur en l'eau[2]. »

C'est, on le voit, l'exemple dont s'est servi Themistius. Cependant, Cardan n'eut pas la hardiesse de s'affranchir complètement des idées péripatéticiennes; il suppose qu'un projectile, en quittant l'appareil qui le lance, continue pendant quelque temps à accroître sa vitesse, et ce, à cause de la réaction de l'air, tout comme chez Aristote.

Le concept de la *vis impressa* fut complètement développé, dans le sens d'Hipparque, par Benedetti, vers la fin du XVI[e] siècle. Benedetti eut en outre le mérite de tenter une explication de la trajectoire d'un corps lancé, par la décomposition du mouvement. Benedetti explique qu'un corps lancé d'une fronde a la tendance à suivre une ligne droite, tangente au cercle décrit par la fronde, mais que la gravité venant à agir sur lui, la composition des deux mouvements crée une trajectoire courbe[3]. C'était une grave innovation. La composition d'un mouvement courbe à l'aide de deux mouvements en ligne droite était, il est vrai, connue depuis l'antiquité. On trouve une déduction de ce genre chez Aristote; un mouvement en cercle est la résultante de deux mouvements en ligne droite, dont l'un constant et l'autre variable, continuellement

1. CARPENTARIUS. *Philosophia libera* 2[e] éd. Oxford 1622 p. 67. — Sur l'emploi de la preuve par l'absurde, cf. plus bas p. 107.

2. *Le livre* de Hiérome CARDANUS, *médecin milanais, de la Subtilité*, trad. Richard LE BLANC, Paris, 1556, f. 47. Le terme que Le Blanc a rendu par *impétuosité* est *impetus*. Cf. Hier. CARDANI, *De subtilitate*, Nuremberg, 1550, p. 56.

3. Io. Baptisti BENEDICTI, *Diversorum speculationum liber*, Turin, 1585, p. 160 ss.

décroissant[1]. Nous verrons tout à l'heure que cette déduction devait particulièrement convenir à Benedetti. Mais par où ce dernier s'écarte complètement du péripatétisme, c'est qu'il suppose qu'un mouvement violent, celui qu'on imprime au corps en le lançant, peut se composer d'une manière continue avec un mouvement naturel, celui du corps qui tombe. Tartaglia encore avait expressément nié la possibilité d'une telle composition, et cette conviction était tellement répandue qu'en 1561 Santbeck osa affirmer, contrairement à l'évidence la plus manifeste, que la trajectoire d'une balle se composait de deux lignes droites, la première période se prolongeant tant que prévalait le mouvement violent et la seconde commençant dès que prévalait le mouvement naturel[2].

Bien entendu, Benedetti suppose que l'impulsion communiquée au corps décroît continuellement avec le temps[3], et c'est justement à propos de cette décomposition du mouvement des corps lancés qu'on voit à quel point cette conception était pour ainsi dire forcée. En effet Benedetti, tout comme ses prédécesseurs, n'a aucune idée d'une force dont les effets s'accumulent, ainsi que nous l'admettons pour la gravitation. L'effet de celle-ci devait lui paraître simplement constant, et dès lors, afin d'expliquer comment elle arrivait à prévaloir avec le temps, il fallait recourir à une réduction de l'autre composante.

Benedetti paraît avoir été l'inspirateur le plus direct de Galilée. Dans les *Sermones* [4], ce dernier met en avant une théorie qui est fondée, tout comme chez Benedetti, sur la diminution de la *vis impressa* ; cependant, à l'époque à laquelle appartient la partie la plus ancienne de ce traité (1590), Galilée avait déjà découvert la loi des espaces de la chute. C'est vers 1610 que Galilée semble avoir eu l'idée de composer la trajectoire à l'aide du mouvement horizontal et de celui de la chute[5]. Mais la diminution de la *vis impressa* se retrouve

1. Cf. Duhem. *Les origines de la statique*. Paris, 1905, pp. 108, 109.

2. Rosenberger. *Geschichte der Physik*, vol, I, p. 122. — La conception courante était moins logique, mais, par là même, moins contraire à l'évidence : on reliait les deux droites par un arc de cercle. On trouvera l'image de la trajectoire ainsi conçue chez Cardan, trad. Le Blanc, § 49.

3. Benedetti, *l. c.* « Verum idem est, impressum illum impetum paulatim decrescere... »

4. Galilée. *Sermones de motu gravium, Œuvres*. Florence, 1842-56, vol. XI, p. 33.

5. Cf. E. Wohlwill. *Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes*. Zeitschrift fuer Voelkerpsychologie, vol. XV, 1884, p. 110.

encore dans le *Dialogue sur les deux sciences* (1638) comme l'opinion d'un des interlocuteurs, sans que l'autre la réfute. Il est vrai que la même œuvre contient aussi une affirmation de l'inertie en toute direction; mais, comme M. Wohlwill l'a justement fait ressortir, loin d'être proclamée comme principe universel, elle occupe pour ainsi dire « un coin » du traité[1]. Galilée, d'ailleurs, n'a jamais cessé de considérer le mouvement circulaire des corps célestes comme « naturel », à la manière des anciens et de Copernic. En ce qui concerne la genèse du concept d'inertie chez Galilée, il est particulièrement important de constater qu'il a commencé par affirmer la perpétuité du mouvement en direction horizontale, et qu'il s'est constamment servi avec prédilection de cette forme particulière du principe[2]. Il l'a démontré par l'exemple de la boule roulant sur un plan[3], et il semble au moins probable que cette déduction se rattache étroitement aux conceptions de Cusa que nous avons exposées plus haut.

Il se peut que Descartes ait trouvé le principe d'inertie indépendamment de Galilée; toutefois, à l'époque même où il le formule pour la première fois (vers 1620), diverses œuvres de Galilée qui contenaient, au moins implicitement, le principe en question étaient déjà publiées, d'autres étaient certainement répandues par diverses communications, et il est plus probable que Descartes, avec sa puissante logique, n'a fait qu'étendre les propositions qu'il trouvait chez son devancier. On sait d'ailleurs que Descartes ne mentionnait pas souvent ses prédécesseurs, même quand les emprunts qu'il leur faisait étaient manifestes — habitude tout à fait générale à cette époque[4]. En tout cas, on ne saurait dénier à Descartes le mérite d'avoir formulé le premier une théorie complète et logique de la conservation de la vitesse en ligne droite, et d'avoir proclamé l'importance primordiale de ce principe pour la théorie du mouvement en général[5].

1. Cf. E. Wohlwill, p. 124.
2. *Ib.*, p. 103 ss.
3. Cf. plus bas, p. 128.
4. Cf. Duhem. *Les origines de la statique*, p. 332.
5. Sur l'historique du principe d'inertie on trouvera d'utiles indications chez Rosenberger, *Geschichte der Physik*, Brunswick 1884 et chez Lasswitz, *Geschichte der Atomistik*. Hambourg, 1890, vol. II, p. 19 ss. Pour Galilée et Descartes nous avons surtout suivi Wohlwill, *l. c.*, dont l'appréciation nous semble très équitable. Cf. aussi P. Tannery, *Galilée et les principes de la dynamique*, Revue générale des sciences, vol. XIII, 1901, p. 333.

On énonce généralement le principe d'inertie par une formule en quelque sorte bipartite, la première partie s'appliquant au corps en repos et la seconde au corps en mouvement. On trouve une formule de ce genre chez Descartes[1]. Nous citerons ici la formule donnée par d'Alembert et qui reparaît le plus souvent, avec peu de variantes, chez les auteurs postérieurs. 1re loi : « Un corps en repos y persistera à moins qu'une cause étrangère ne l'en tire. » 2e loi : « Un corps mis en mouvement, par une cause quelconque, doit y persister toujours uniformément et en ligne droite, tant qu'une nouvelle cause différente de celle qui l'a mis en mouvement, n'agira pas sur lui; c'est-à-dire qu'à moins qu'une cause étrangère et différente de la cause motrice n'agisse sur ce corps, il se mouvra perpétuellement en ligne droite et parcourra en temps égaux des espaces égaux[2]. »

D'Alembert fait suivre l'énoncé de cette double loi d'une démonstration très curieuse. Après avoir formulé la première partie, il poursuit : « Car un corps ne peut se déterminer de lui-même au mouvement, puisqu'il n'y a pas de raison pour qu'il se meuve d'un côté plutôt que d'un autre. *Corollaire.* De là il s'ensuit que si un corps reçoit un mouvement pour quelque cause que ce puisse être, il ne pourra lui-même accélérer ni retarder ce mouvement. »

La deuxième partie est démontrée en ces termes : « Car, ou l'action indivisible et instantanée de la cause motrice au commencement du mouvement suffit à faire parcourir au corps un certain espace, ou le corps a besoin, pour se mouvoir, de l'action continuée de la cause motrice.

« *Dans le premier cas* il est visible que l'espace parcouru ne peut être qu'une ligne droite décrite uniformément par le corps mû. Car (*hypothèse*) passé le premier instant, l'action de la cause motrice n'existe plus, et le mouvement néanmoins existe encore : il sera donc nécessairement uniforme puisque (*corollaire*) il ne peut accélérer ni retarder son mouvement de lui-même. De plus, il n'y a pas de raison pour que le corps s'écarte à droite plutôt qu'à gauche. Donc, dans ce premier cas, où l'on suppose qu'il soit capable de se mouvoir de lui-même

1. Descartes. *Principes*. Paris, 1668, 2e partie, § 43, p. 92. « [Un corps] lorsqu'il est en repos a de la force pour demeurer en ce repos et pour résister à tout ce qui pourrait le faire changer. De même que lorsqu'il se meut, il a de la force pour continuer de se mouvoir, avec la mesme vistesse et vers le mesme costé. »

2. D'Alembert. *Dynamique*, 2e éd. Paris, 1757, p. 3.

pendant un certain temps, indépendamment de la cause motrice, il se mouvra de lui-même pendant ce temps, uniformément et en ligne droite.

« Or, un corps qui peut se mouvoir de lui-même uniformément et en ligne droite, pendant un certain temps, doit continuer perpétuellement à se mouvoir de la même manière, si rien ne l'en empêche. Car supposons le corps partant de A et capable de parcourir de lui-même la ligne A B ; soient pris sur la ligne deux points quelconques, C, D, entre A et B. Le corps étant en D, est précisément dans le même état que lorsqu'il était en C, si ce n'est qu'il se trouve dans un autre lieu. Donc, il doit arriver à ce corps la même chose que quand il est en C. Or, étant en C, il peut (*hypothèse*) se mouvoir lui-même uniformément jusqu'en B. Donc, étant en D, il pourra se mouvoir de lui-même uniformément jusqu'au point C, tel que DC = CB, et ainsi de suite.

« Donc, si l'action première et instantanée de la cause motrice est capable de mouvoir le corps, il sera mû uniformément et en ligne droite, tant qu'une nouvelle cause ne l'en empêchera pas.

« *Dans le second cas*, puisqu'on suppose qu'aucune cause étrangère et différente de la cause motrice n'agit sur le corps, rien ne détermine donc la cause motrice à augmenter ou à diminuer ; d'où il s'ensuit que son action continuée sera uniforme et constante et qu'ainsi, pendant le temps qu'elle agira, le corps se mouvra en ligne droite et uniformément. Or, la même raison qui fait agir la cause motrice constamment et uniformément pendant un certain temps, subsistant toujours sans que rien ne s'oppose à cette action, il est clair que cette action doit demeurer continuellement la même et produire constamment le même effet. Donc, etc. »

Le « second cas » de d'Alembert se réfère évidemment à des idées aristotéliciennes dont on trouvait encore des traces en France à cette époque. Il est à remarquer que d'Alembert n'en tente nullement une réfutation, mais cherche plutôt à donner au principe d'inertie une apparence d'aristotélisme.

Mais la démonstration du « premier cas » mérite de nous arrêter plus longtemps. Elle se retrouve chez des auteurs postérieurs, notamment chez Lotze qui, avec moins de rigueur que d'Alembert, et en la transposant du langage mathématique dans le langage philosophique, la formule à peu près en ces termes : Si le mouvement ne devait pas durer indéfiniment,

il cesserait à l'instant même où cesse l'impulsion ; or, celle-ci ne dure qu'un instant, un espace de temps infinitésimal. Donc, il n'y aurait pas de mouvement du tout. Par conséquent, l'inertie découle du concept même du mouvement, elle « fait partie intégrante de ce concept[1]. »

Il est infiniment curieux de rapprocher cette démonstration de celle qu'on trouve dans le quatrième livre de la *Physique* d'Aristote. Aristote observe, tout comme d'Alembert et comme Lotze, que si le mouvement devait durer au delà de l'impulsion elle-même, il n'y aurait plus aucun motif pour qu'il cessât jamais. Cette proposition lui paraît absurde et c'est ainsi qu'il établit que, dans le vide, aucun mouvement ne pourrait avoir lieu autrement que par l'action d'une cause continue « comme le fardeau que porte un char. » Mais, bien entendu, pour le plein, c'est-à-dire pour le monde réel (Aristote niant, on le sait assez, l'existence du vide), l'impulsion suffit, car l'air et d'autres corps environnants concourent à maintenir le mouvement[2].

La démonstration de d'Alembert est une déduction pure. Elle n'emprunte à l'expérience que l'existence même du mouvement. En ce sens, le principe du mouvement serait donc apriorique. Mais que vaut au juste cette démonstration ?

La déduction d'Aristote, que nous venons de citer, est certainement de nature à ébranler notre confiance. Se peut-il, nous demandons-nous, que le philosophe grec ait pu se servir du même argument pour aboutir à une conclusion opposée ? Une analyse plus approfondie confirmera cette impression.

En admettant la possibilité de parvenir à la notion de l'inertie par voie purement déductive, on soulève une difficulté qui

1. Lotze. *System der Philosophie*. Leipzig, 1874-79. *Metaphysik*, p. 311. Lotze paraît d'ailleurs avoir quelque peu changé d'avis sur ce point. Cf. Id. *Grundzuege der Naturphilosophie*, 2e éd. Leipzig, 1889, p. 11.

2. Aristote. *Physique*, trad. Barthélemy Saint-Hilaire, l. IV, cap xi, § 8. « On peut observer que les projectiles continuent à se mouvoir, sans que le moteur qui les a jetés continue à les toucher, soit à cause de la réaction environnante, comme on dit parfois, soit par l'action de l'air qui, chassé, chasse à son tour, en produisant un mouvement plus rapide que n'est la tendance naturelle du corps vers le lieu qui lui est propre. Mais, dans le vide, rien de tout cela ne peut se passer et nul corps ne peut y avoir un mouvement que si ce corps est sans cesse soutenu et transporté comme le fardeau que porte un char. § 9. Il serait encore bien impossible de dire pourquoi, dans le vide, un corps mis une fois en mouvement pourrait jamais s'arrêter quelque part. Par conséquent, ou il restera nécessairement en repos ou nécessairement, s'il est en mouvement, ce mouvement sera infini si quelque obstacle plus fort ne vient à l'empêcher. »

a été clairement aperçue par Herbert Spencer. Spencer est grand partisan de l'*a priori* dans toutes ces questions ; pour lui l'inertie, qu'il formule d'ailleurs d'une manière un peu imprécise (et en y rattachant aussitôt, semble-t-il, la conservation de l'énergie), sous le nom de « continuité du mouvement », est une vérité directement axiomatique, dont le contraire ne saurait être réalisé par la pensée. Comment se fait-il cependant qu'elle apparaisse si tard dans l'histoire des sciences ? « Le caractère axiomatique de cette vérité que le mouvement est continu, répond-il, n'est reconnu qu'après que la discipline de la science exacte a donné de la précision aux conceptions. Des hommes primitifs, notre population dénuée d'instruction et même la plupart des gens soi-disant instruits pensent d'une manière extrêmement peu définie. Partant d'observations faites sans soins, ils passent, à l'aide de raisonnements faits également sans soins, à des conclusions dont ils n'envisagent pas les conséquences (*implications*), conclusions qu'ils ne développent jamais à l'effet de voir si elles ont de la consistance. Acceptant sans critique les données de la perception immédiate (*unaided*), d'après laquelle les corps qui nous entourent, s'ils sont mis en mouvement, retournent bientôt au repos, la grande majorité suppose tacitement que le mouvement se perd réellement. On ne se demande pas si le phénomène peut être interprété d'une autre façon ou si l'interprétation qu'on lui suppose peut être réalisée par la pensée[1]. » En d'autres termes, comme Spencer l'a formulé à propos de la conservation de matière, ces gens estiment qu'ils croient ce qu'ils ne sauraient croire en réalité. Cela n'est pas en soi inconcevable. La géométrie est faite de déductions, et pourtant ses propositions n'ont été connues que peu à peu. Un homme qui a la notion du triangle rectangle croira certainement, s'il ne connaît pas la proposition de Pythagore, qu'il est possible d'en construire un où le carré de l'hypoténuse ne soit pas la somme des carrés des deux côtés.

Sans doute, mais cela implique l'ignorance de la déduction. Supposez-vous en face d'un homme qui cherche à construire le triangle en question et exposez-lui la démonstration de Pythagore. Que direz-vous s'il persiste dans son opinion primitive et continue ses recherches ? Vous estimerez qu'il n'a pas saisi votre démonstration ou qu'il manque totalement de

1. Herbert Spencer. *First Principles*. Londres, 1863, p. 246.

logique. Or, ni l'un ni l'autre n'est certainement le cas pour Aristote ; on ne saurait évidemment le classer dans la foule des gens primitifs, etc., au sujet desquels Spencer s'exprime avec tant de sévérité. Il est permis d'affirmer, sans doute, qu'il eût pu, par l'analyse des faits qu'il connaissait, parvenir à la connaissance du principe d'inertie ; on peut surtout trouver que son explication du mouvement des corps lancés est insuffisante et qu'il eût dû s'en apercevoir. Mais en soi l'idée d'un monde plein et où rien ne se meut que poussé, à la suite d'un grand mouvement du moteur initial, n'a certes rien de contradictoire, ou du moins ne l'est pas plus que nombre de notions incompréhensibles et que nous sommes néanmoins obligés d'accepter. A bien peser le pour et le contre, on en arrive à souscrire à l'opinion de Paul Tannery, à savoir que le système d'Aristote était à ce moment « beaucoup plus que le nôtre conforme à l'observation immédiate des faits[1] ». Tel est aussi l'avis de M. Duhem qui formule en ces termes les propositions fondamentales de cette mécanique : 1° un corps soumis à une puissance constante se meut avec une vitesse constante ; 2° un corps qui n'est soumis à aucune puissance demeure immobile[2]. L'hypothèse de l'action du milieu ou de la « réaction environnante », comme l'appelle Aristote, a d'ailleurs continué à avoir des partisans depuis[3], et qui sait si les théories électriques ne vont pas nous y ramener ?

Mais on peut aller plus loin : là même où Aristote et d'Alembert semblent s'accorder, la démonstration est loin d'avoir la valeur que tous deux lui attribuent. Il suffit de penser à Hipparque et à Benedetti. Pourquoi serait-il absurde de supposer, comme l'ont fait ces derniers et, nous venons de le voir, Galilée à ses débuts, que l'impulsion diminue avec le temps ? Cette supposition nécessiterait évidemment l'introduction d'une constante ; mais nous en acceptons bien une pour l'action de la gravitation. Sans doute, il est préférable de

1. PAUL TANNERY. Revue générale des sciences, XII, 1901, p. 334.

2. DUHEM. *La théorie physique.* Paris, 1906, p. 434.

3. Cf. TANNERY, *l. c.* Tout récemment le colonel HARTMANN (Bull. Soc. phil. 5e année 1905, p. 103 ss.) a développé une théorie fort remarquable du mouvement mécanique faisant entièrement abstraction du principe d'inertie tel que nous le formulons actuellement et basée au contraire sur ce que le corps et le milieu constituent un ensemble indivisible, le mouvement du corps étant dû à l'existence, dans l'espace environnant, d'éléments matériels, « qui, à partir du moment où il est libéré, provoquent d'abord et entretiennent ensuite son déplacement ».

s'en passer là où cela est possible et, à ce point de vue, la manière ultérieure de Galilée, la décomposition de la trajectoire en un mouvement constant dans le temps et un autre mouvement uniformément accéléré, vaut certainement mieux. Mais enfin ce serait là une démonstration fondée sur des expériences, et même des expériences difficiles à réaliser à cause des frottements, de la résistance de l'air, etc., et non point une déduction *a priori*. Ou bien, si l'on veut maintenir cette dernière, on sera obligé de rejeter la théorie de Benedetti parce qu'elle suppose la variation d'un phénomène dans le temps; on dira que c'est une variation « sans raison ». Qu'est-ce à dire? Nous avons à peine besoin de l'expliquer : c'est une application évidente du postulat de causalité, de l'identité dans le temps, et l'on voit que ce postulat forme la base véritable de la démonstration, en apparence si rigoureuse, de d'Alembert.

On a tenté de démontrer le principe d'inertie par une autre voie encore, quoique également par déduction, en se fondant sur ce qu'on appelle la « relativité » du mouvement ou de l'espace, conception fort ancienne, puisqu'elle se trouve chez Sextus Empiricus et chez Nicolas de Cusa [1]. La démonstration la plus complète de ce type est celle exposée par Kant dans les *Premiers principes*. « Tout mouvement, dit-il, en tant qu'il est l'objet d'une expérience possible, peut à volonté être considéré, soit comme le mouvement d'un corps dans un espace en repos, soit au contraire comme le mouvement de l'espace dans le sens opposé et avec une égale vitesse, le corps étant en repos [2]. » C'est la conséquence du fait qu'un mouvement absolu, c'est-à-dire un mouvement qui ne serait pas conçu par rapport à des corps matériels placés dans l'espace (Kant formule : « se rapportant à un espace non matériel ») n'est pas susceptible de devenir un objet d'expérience et par conséquent « est pour nous un néant », l'espace absolu n'étant « rien en soi » et n'étant pas « un objet [3] ». Or, la matière est inerte, « tout changement de la matière a une cause exté-

1. Cf. p. 99. — On sait que Descartes l'a formulée avec beaucoup de rigueur. *Principes*. Paris, 1668, IIe partie, cap. XXVIII, titre : « Que le mouvement en sa propre signification ne se rapporte qu'aux corps qui touchent celuy qu'on dit se mouvoir. »

2. KANT. *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature*, trad. ANDLER et CHAVANNES. Paris, 1891, p. 21.

3. *Ib.*, p. 14 cf. *ib.* p. 87.

rieure[1] ». C'est là, dit Kant « la seule loi qui doive porter le nom de loi d'inertie ». En effet, combinée avec ce qui précède, elle donne bien la formule de d'Alembert; car, d'une part, la matière se trouve incapable de sortir du repos, sinon sous l'action d'une force, et, d'autre part, le mouvement en ligne droite se trouve assimilé au repos. C'est, on le voit, la démonstration de Sextus Empiricus, mais retournée. Le sceptique grec se servait de conséquences du principe d'inertie pour démontrer que le mouvement ne saurait exister en soi; Kant, étant parvenu à cette dernière idée par une voie différente, se fonde au contraire sur elle pour établir l'inertie.

Maxwell[2] a donné une démonstration qui est une combinaison de celle de d'Alembert avec celle de Kant. Maxwell suppose que le mouvement pourrait graduellement cesser. Ce serait donc en quelque sorte une accélération négative et elle se changerait en positive, si nous considérions le mouvement par rapport à un corps à qui nous prêterions un mouvement approprié. Cette démonstration semble bien réunir les inconvénients des deux systèmes. En tant qu'elle ressemble à celle de d'Alembert, elle repose tout comme cette dernière sur le principe de causalité, et, pour le reste, elle est évidemment fondée sur la notion de la relativité du mouvement, comme celle de Kant. Chez beaucoup de physiciens contemporains, d'ailleurs, cette notion de la relativité du mouvement ou de l'espace, dépouillée cependant de tout appareil métaphysique, apparaît comme une sorte d'axiome (bien qu'il ne manque pas, nous le verrons tout à l'heure, d'opinions contraires) et il convient plutôt de s'étonner de ce que, cette conception étant admise, on ne s'en serve pas pour établir le principe d'inertie.

Mais qu'est-ce au juste que la « relativité de l'espace » ?

Pour bien saisir le véritable caractère de cette notion, il ne sera peut-être pas superflu d'établir préalablement une distinction entre la relativité et l'homogénéité de l'espace. L'homogénéité est le caractère résultant du principe de libre mobilité, que nous avons reconnu comme fondamental au point de vue de notre concept de l'espace. L'espace nous apparaît donc comme absolument identique dans tous ses lieux; du fait seul qu'un objet a changé de lieu, s'est déplacé, il ne saurait résulter pour lui aucune autre modification.

1. Kant, *l. c.*, p. 76.
2. Maxwell. *Matter and Motion*. Londres, 1902, p. 36.

Mais, et cela est très essentiel, il ne s'ensuit point que l'objet *en train* de se déplacer, l'objet en mouvement, soit identique à l'objet en repos. Notre sentiment intime. fortifié par une longue expérience, proteste contre une telle affirmation. Pour choisir un exemple : je sais fort bien que ce boulet de canon, en quelque lieu de l'espace que je le porte, présentera les mêmes propriétés. Mais quand il aura été lancé d'une bouche à feu, et qu'il sera en train de parcourir l'espace avec une vitesse de plusieurs centaines de mètres à la seconde, ses propriétés seront considérablement modifiées et je n'aurai garde de le toucher comme je le fais quand il est au repos. Descartes, bien après qu'il eut proclamé le principe d'inertie et en eut reconnu toute l'importance, persistait cependant à croire qu'une force devait agir autrement sur un corps en mouvement et sur un corps en repos et que son action devait même dépendre de la vitesse avec laquelle le corps était en train de se déplacer[1].

Mais est-il exact que le mouvement, comme le pose Descartes « en sa propre signification ne se rapporte qu'aux corps qui touchent celui qu'on dit se mouvoir »?

On ne saurait douter que Descartes appliquait parfois ce principe aussi bien au mouvement de rotation qu'à celui de translation. On sait que, d'après sa théorie, la terre serait entourée de la « matière du ciel » et Descartes établit que si les deux avaient le même mouvement rotatoire, on devrait considérer la terre comme « un corps qui n'a aucun mouvement » et où, par conséquent, les effets de la force centrifuge ne sauraient se faire sentir[2].

Supposons deux corps absolument isolés dans l'univers et doués d'un mouvement uniforme en ligne droite. Leurs mouvements nous apparaissent comme relatifs, car nous pouvons indifféremment considérer l'un d'eux comme immobile, en attribuant à l'autre une vitesse appropriée. Supposons maintenant, que de ces deux corps, l'un reste fixe et l'autre décrive un cercle autour du premier; le résultat sera le même que si le premier avait tourné autour de son axe, en sens inverse. Mais pouvons-nous réellement remplacer le premier mouvement par le second? L'affirmer, c'est poser que le corps

1. DESCARTES. *Œuvres*, éd. Cousin. Paris, 1829. t. VI, p. 216. Lettre à Mersenne (1632).

2. DESCARTES. *Principes*. Paris, 1668, IVe partie, cap. XXI-XXII, p. 301.

stellaire fixe éprouverait, s'il était liquide, à la suite du mouvement du corps mobile, un aplatissement identique à celui qui aurait été produit par une rotation autour de son axe, et il est certain que cette conséquence nous paraît difficilement admissible. Ce problème a été admirablement approfondi par Newton dans le passage suivant des *Principes :* « Si on fait tourner en rond un vase attaché à une corde jusqu'à ce que la corde, à force d'être torse, devienne en quelque sorte inflexible ; si on met ensuite de l'eau dans ce vase et qu'après avoir laissé prendre à l'eau et au vase l'état de repos, on donne à la corde la liberté de se détortiller, le vase acquerra par ce moyen un mouvement qui se conservera très longtemps : au commencement de ce mouvement la superficie de l'eau contenue dans le vase restera plane, ainsi qu'elle l'était avant que la corde se détortillât ; mais ensuite le mouvement du vase se communiquant peu à peu à l'eau qu'il contient, cette eau commencera à tourner, à s'élever vers les bords et à devenir concave, comme je l'ai éprouvé, et, son mouvement s'augmentant, les bords de cette eau s'élèveront de plus en plus, jusqu'à ce que ses révolutions s'achevant dans des temps égaux à ceux dans lesquels le vase fait un tour entier, l'eau sera dans un repos relatif par rapport à ce vase. L'ascension de l'eau vers les bords du vase marque l'effort qu'elle fait pour s'éloigner du centre de son mouvement et on peut connaître et mesurer le mouvement circulaire vrai et absolu de cette eau, lequel est entièrement contraire à son mouvement relatif : car dans le commencement où le mouvement relatif de l'eau dans le vase était le plus grand, ce mouvement n'excitait en elle aucun effort pour s'éloigner de l'axe de son mouvement : l'eau ne s'élevait point vers les bords du vase, mais elle demeurait plane, et par conséquent elle n'avait pas encore de mouvement circulaire vrai et absolu : lorsque ensuite le mouvement relatif de l'eau vint à diminuer, l'ascension de l'eau vers les bords du vase marquait l'effort qu'elle faisait pour s'éloigner de l'axe de son mouvement ; et cet effort, qui allait toujours en augmentant, indiquait l'augmentation de son mouvement circulaire vrai. Enfin ce mouvement vrai fut le plus grand lorsque l'eau fut dans un repos relatif dans le vase. L'effort que faisait l'eau pour s'éloigner de l'axe de son mouvement, ne dépendait donc point de sa translation du voisinage des corps ambiants, et par conséquent le mouvement circulaire vrai ne peut se déterminer par

de telles translations[1]. » Ce sont là, d'après Newton, « les effets par lesquels on peut distinguer le mouvement absolu du mouvement relatif » et l'exposé qui précède sert d'appui à cette affirmation dont la netteté ne laisse rien à désirer : « L'espace absolu, sans relation aux choses externes, demeure toujours similaire et immobile[2]. » C'est, on le voit, la contrepartie exacte des idées de Descartes et aussi de celles de Kant.

Mais, au point de vue qui nous occupe en ce moment, l'exposé de Newton est réellement décisif, en ce sens qu'il nous éclaire sur les motifs de l'hésitation que nous avons éprouvée au sujet de la relativité du mouvement de rotation ; par contrecoup nous voyons aussi la véritable source de notre certitude concernant la relativité du mouvement rectiligne. Nous avons cru la déduire de considérations abstraites sur l'espace que nous avions, artificiellement, vidé de tout contenu physique pouvant déterminer des points de repère. Mais, en réalité, notre mémoire avait conservé l'image de l'espace tel que nous le voyons, de l'espace physique, garni de corps; et si nous avons répondu sans hésitation pour le mouvement rectiligne c'est que ce mouvement, dans l'espace physique, est réellement relatif. Le mouvement extrêmement rapide avec lequel la terre se déplace dans l'espace reste absolument sans influence sur les mouvements des masses terrestres pondérables : c'est là précisément la raison pour laquelle le premier de ces mouvements est si difficile à déterminer. Mais le mouvement de rotation diurne, infiniment plus lent, peut très bien être rendu sensible par des phénomènes terrestres tels que le pendule de Foucault. Il ne se rapporte pas au système solaire, ni à aucun autre système limité et que nous puissions préciser. Il se rapporte à la *voûte céleste*, c'est-à-dire à la totalité des corps de l'univers dans leurs dispositions spatiales, c'est-à-dire encore à l'espace absolu, comme l'a bien dit Newton.

Remarquons cependant que le terme *espace* signifie ici espace physique, espace garni de corps. Il importe, en effet, de dissocier complètement les considérations que nous venons d'exposer d'avec les conceptions métaphysiques sur l'existence ou la non existence en soi de l'espace. Ce n'est pas là une précaution inutile. Nous avons vu que Sextus Empiricus déjà s'est servi de la relativité du mouvement en ligne droite pour établir (s'il est permis d'exprimer ses idées en langage mo-

1. Newton. *Principes*, trad. Du Chastellet. Paris, 1759, p. 13.
2. *Ib.*, p. 8.

derne) que l'espace n'existe pas en soi. Son argumentation se trouve complètement ruinée par la démonstration de Newton. Faut-il en conclure que la thèse métaphysique contraire soit dorénavant établie? Newton lui-même l'a probablement pensé[1] et, en tout cas, les philosophes ont souvent donné ce sens à ses déclarations. Il n'y a cependant là aucune liaison logique nécessaire. Nous pouvons même nous dispenser d'examiner si, en supposant que les corps qui indiquent l'orientation du système de coordonnées jouent simplement le rôle de points de repère, la thèse de l'existence de l'espace pourrait se prévaloir de l'argument de Newton. Il n'est pas non plus nécessaire, en parlant du mouvement absolu, de le concevoir au point de vue philosophique et d'attribuer au mobile, selon la juste expression de M. Bergson, « un intérieur et comme un état d'âme[2] ». C'est qu'en effet nous pouvons attribuer les propriétés de l'espace garni de corps, non pas à l'espace, mais aux corps. Cette interprétation, qui se dessine déjà chez Berkeley[3], fait le fond de l'argumentation de M. Mach contre les idées de Newton. Le fait que le mouvement rotatoire de l'eau se rapporte aux corps de la voûte céleste et non pas aux parois du vase, nous dit ce savant, pourrait fort bien tenir à ce que les parois ne présentent qu'une masse infime comparée à celle des corps célestes. « Personne ne pourrait dire ce que l'expérience aurait donné si la paroi du vase avait été rendue plus épaisse et plus massive jusqu'à avoir une épaisseur de plusieurs lieues[4]. » On pourrait, sans doute, au point de vue expérimental, objecter qu'aucune expérience ne nous permet de conclure à l'influence de l'épaisseur des parois sur le mouvement rotatoire de l'eau dans un vase. Aussi l'argumentation

1. Newton paraît avoir adopté dans cette question les idées de Henry More sur la réalité de l'espace vide. Cf. à se sujet LUDW. LANGE, *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffs*, etc. Leipzig, 1886, p. 44.

2. HENRI BERGSON. *Introduction à la métaphysique*. Revue de Métaphysique, XI, 1903, p. 2.

3. BERKELEY. *De motu*. *Works* éd. Fraser. Londres 1871, vol III, § 59. « Concipiantur porro duo globi, et practerea nil corporeum, existere. Concipiantur deinde vires quomodocunque applicari : quicquid tandem per applicationem virium intelligamus, motus circularis duorum globorum circa commune centrum nequit per imaginationem concipi. Supponamus deinde cœlum fixarum creari : subito ex concepto appulsu globorum ad diversos cæli istius partes motus concipictur. ».

4. E. MACH. *La mécanique*, trad. ÉMILE BERTRAND. Paris, 1904, p. 225. M. Mach, il est vrai, s'affirme partisan de la relativité de l'espace, mais c'est dans un sens très particulier. L'idée qu'il rejette revient à celle que nous avons qualifiée d'espace absolu métaphysique.

de M. Mach ne saurait-elle infirmer la démonstration de Newton. Mais elle montre clairement, à notre avis, qu'on peut dissocier complètement cette démonstration de toute idée métaphysique sur l'espace.

En revanche, nous voyons maintenant que des déductions dans le genre de celles que nous avons tentées plus haut, en partant de l'espace vidé de corps, ne sauraient nous être d'aucun secours au point de vue de la démonstration du principe d'inertie. Dans l'espace privé de points de repère, cela va sans dire, tout mouvement apparaîtra comme relatif. Quelles que soient les trajectoires que décrivent les deux corps, nous pourrons toujours les remplacer par un mouvement de l'un d'eux. Mais nous savons que, si nous passons à l'espace physique, le mouvement uniforme en ligne droite restera relatif et le mouvement de rotation deviendra absolu. Nous pourrons, pour deux corps qui se rapprochent, attribuer le mouvement indifféremment à l'un ou à l'autre; mais une toupie qui tourne sur une table restera debout : elle tomberait si nous essayions de la maintenir immobile, en donnant à la table un mouvement de rotation contraire. Cette différence entre le mouvement en ligne droite et la rotation fait partie intégrante du principe d'inertie, et elle est inexplicable par des considérations sur l'espace vidé [1].

Il est très curieux que la conception de Newton, en dépit de l'immense autorité qui s'attache à son nom, ne soit pas parvenue à s'imposer complètement dans la science. Sans doute, bien des savants l'ont adoptée dans la suite, tels Euler (qui l'a exposée avec beaucoup de vigueur dans sa *Theoria motus*) [2], Poinsot [3], Neumann [4], pour ne citer que ces quelques noms illustres, et on la retrouve quelquefois formulée par nos contemporains [5]. Mais la conception de la relativité de l'espace

1. On pourrait affirmer, à la rigueur, que l'instauration intégrale du principe d'inertie, dans le sens que nous lui donnons actuellement, ne date que de cet exposé de Newton, Descartes, nous l'avons vu, ayant considéré la rotation de la terre comme un mouvement relatif.

2. L. Euler. *Theoria motus*, Rostock 1765, cap. II, § 78 ss.

3. Poinsot. *Théorie nouvelle de la rotation des corps*, Paris, 1852, p.51.

4. Carl Neumann. *Ueber die Principien der Galilei-Newton'schen Théorie*, Leipzig, 1870.

5. Cf. par exemple Lodge, dans Nature vol. LVII, 1894; A. B. Basset *ib.*; Andrade, *Les idées directrices de la mécanique*, Revue philosophique vol. XLVI, 1898, p. 400, et surtout Painlevé. *Les axiomes de la mécanique et le principe de causalité*. Bulletin de la Société française de philosophie,

est certainement plus répandue[1]; elle est, pour ainsi dire, courante dans l'exposé des principes de la science. Ce n'est pas que l'argumentation de Newton ait été valablement réfutée. Mais on éprouve, dirait-on, une répugnance intime à en admettre les conséquences. Il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner la formule du principe d'inertie telle que nous l'avons citée d'après d'Alembert. Qu'est-ce que le corps en repos dont il est question dans la première partie? Tous les corps que nous connaissons sont en mouvement, y compris les étoiles fixes; cet énoncé serait donc inapplicable, et par suite inutile. La seconde partie du principe, nous garantissant la continuation du mouvement uniforme en ligne droite, c'est-à-dire du repos apparent, nous rendrait dès lors les services que nous attendions de la première, et il faudrait y ajouter une formule concernant la composition des mouvements pour remplacer la deuxième partie actuelle. Les termes « repos » et « mouvement », dans l'énoncé actuel du principe, ne sauraient donc signifier autre chose que repos et mouvement apparents, relatifs aux corps voisins. Mais on retrouve cette formule relativiste chez les partisans de l'espace absolu, même chez Newton[2]. D'ailleurs, à côté de ces termes semblant impliquer la relativité du mouvement, le même énoncé de d'Alembert en contient un autre qui a un sens contraire. Qu'est-ce, en effet, que la ligne droite dans laquelle le corps se mouvra, selon l'expression de d'Alembert? Comment s'y prendra-t-on pour la déterminer, par rapport à quel objet ou à quel ensemble d'objets? Un mouvement qui, vu de la terre, semblerait se faire en ligne droite, paraîtrait curviligne vu du soleil, ainsi que l'a fort justement remarqué C. Neumann[3]. Par le fait, personne ne doute qu'un mouvement qui se fait en vertu de l'inertie ne soit entièrement indépendant du mouvement du corps céleste dans le voisinage duquel il se produit et que cette ligne droite ne soit orientée par des points de repère se rattachant à la « voûte céleste »; l'espace nous apparaît à cet

5e année, 1905, p. 27, ss. — Cf. aussi HENRI BERGSON, *Matière et Mémoire*, Paris, 1903, p. 214.

1. Sans doute, M. H. POINCARÉ a formulé l'opinion générale des physiciens contemporains en affirmant que le fait qu'on peut mesurer la vitesse de rotation absolue « choque le philosophe », mais que le physicien est forcé de l'accepter (*Des fondements de la géométrie*, Revue de métaphysique, vol. VII, 1899, p. 269).

2. NEWTON. *l. c.* p. 17.

3. NEUMANN. *l. c.*, p. 14.

égard comme rempli d'une infinité de systèmes de coordonnées absolument rigides[1].

On peut, dans une certaine mesure, conserver les apparences de la relativité en stipulant que le mouvement sera rectiligne à l'égard d'un autre mouvement ou d'un système de mouvements qui se feraient en vertu de l'inertie. Des formules de genre ont été proposées par MM. Streintz[2] et Ludw. Lange[3], et l'on voit par la *Theoria motus* d'Euler que ce dernier avait conçu une idée analogue[4]. M. Streintz appelle « corps fondamental » un corps quelconque qui peut être considéré comme indépendant des corps qui l'entourent et qui n'est pas en train d'exécuter un mouvement de rotation. On peut s'assurer de cette dernière circonstance par des expériences directes, par exemple à l'aide du pendule ou du gyroscope de Foucault[5], instruments qui, comme on sait, indiquent la vitesse absolue du mouvement de rotation et non pas seulement, comme c'est le cas quand nous considérons des vitesses rectilignes, les modifications de la vitesse. Le principe d'inertie consiste dès lors à affirmer qu'à l'égard d'un tel corps fondamental, ou d'un système de coordonnées qui s'y rattachent et que M. Streintz désigne comme « système de coordonnées fondamental », tout autre corps, s'il n'est pas soumis à des influences du dehors, se déplacera en ligne droite et avec une vitesse uniforme. M. L. Lange considère les mouvements de trois « points matériels » sur trois droites qui se rencontrent en un point, et rapporte les mouvements de tous les autres corps à ce « système inertial » ; la supposition que ces trois points primitifs suivent un mouvement uniforme en ligne droite, est une convention; si on l'accepte, l'énoncé analogue pour les autres corps peut être considéré comme une vérité d'expérience. — Le système de M. Streintz a le grand avantage d'être à peu près conforme à

1. Il semble bien qu'à un moment donné la science a connu un principe, au moins sous-entendu, qu'on pourrait qualifier de principe de la relativité du mouvement. Nous avons cherché à en préciser la portée (Cf Appendice III) et l'on verra qu'il ne se confond nullement avec notre principe d'inertie actuel.

2. H. Streintz. *Die physikalischen Grundlagen der Mechanik*. Leipzig, 1883, p. 24-25.

3. Cf. p. 20.

4. Euler, *l. c.*, § 100.

5. On trouvera Revue générale des sciences, 1904 p. 881, la description d'un appareil nouveau, mais basé également sur le principe du gyroscope.

la manière dont nous procédons réellement. Pour calculer des mouvements sur la terre, nous nous servons le plus souvent de coordonnées rattachées à cette dernière, sans tenir compte de la rotation, parce que nous savons par expérience que le mouvement d'un point de la surface terrestre peut être considéré, dans ces cas, comme inertial, à cause de la faible vitesse angulaire de la rotation. Pour les mesures astronomiques, nous nous servons de coordonnées orientées d'après les points de repère de la voûte céleste, ce qui a l'avantage de permettre une détermination très rigoureuse. Mais c'est que nous avons la conviction, confirmée par l'expérience de Foucault, que ce sont ces coordonnées qui règlent les plans de rotation. Mais que l'on suppose une planète ayant un mouvement de rotation très rapide et dont l'atmosphère serait chargée de vapeur, de sorte que les habitants ne pourraient pas apercevoir le ciel : le pendule et le gyroscope pourraient leur fournir des systèmes de coordonnées invariables. La conception de M. L. Lange, par contre, paraît quelque peu artificielle : ses trois points matériels sont entièrement idéaux[1]. Mais l'un et l'autre de ces deux systèmes n'infirment aucunement la démonstration de Newton : le « corps fondamental » de M. Streintz ou le « système inertial » de M. L. Lange ne sont au fond, comme l'a reconnu M. Mach[2], que des surrogats du système de coordonnées se rattachant aux étoiles fixes. Si l'on affirme comme M. L. Lange que, pour les trois premiers points considérés, il n'y a là qu'une convention, c'est, ou bien qu'on refuse de tenir compte du fait que l'orientation du système de coordonnées reste invariable par rapport à certains points de la voûte céleste, ce qui lui enlève ce caractère conventionnel, ou bien que l'on se sert du terme convention dans un sens particulier. Rien ne nous empêche, en effet, de concevoir que la voûte céleste, c'est-à-dire l'univers visible tout entier, exécute un mouvement quelconque dans l'espace vide, hormis le fait qu'une telle supposition serait parfaitement oiseuse et que ce serait là transgresser la loi essentielle de la pensée qui fait le fond de la célèbre maxime par laquelle Occam interdit de « créer des êtres sans nécessité ». Et sans doute chaque fois que nous obéissons à

1. Cette conception présente encore l'inconvénient de faire dépendre la mesure du temps du principe d'inertie (cf. plus haut p. 20 ss.)

2. E. Mach. *La Mécanique*, trad. Bertrand, Paris 1904 p. 233, cf. aussi Kleinpeter, Arch. fuer systematische Philosophie, VI, 1900, p. 469.

ce principe primordial et nous abstenons d'introduire dans nos conceptions des complications inutiles, on peut affirmer que nous créons une convention. Mais c'est que cette convention est alors une loi générale de notre pensée et qu'elle est au fond de toutes nos propositions sans exception. Elle est sous-entendue, cela va sans dire, mais il n'y a aucune utilité a en faire ressortir l'emploi dans un cas comme celui-ci.

Une proposition très différente de celle de MM. Streintz et L. Lange a été présentée antérieurement par Carl Neumann[1]. Neumann admet l'existence d'un corps qu'il appelle Alpha et qui, situé quelque part dans l'espace, demeure complètement immobile. Tout mouvement se rapportant à ce corps, devient par ce fait réellement absolu, même s'il s'accomplit uniformément et en ligne droite Une conception analogue avait eté formulée par Euler[2] qui appelait ce corps *A*, et antérieurement encore par Newton, qui l'avait rejetée après examen[3]. Il n'est pas difficile de se rendre compte de ses motifs : à supposer que ce corps immobile existe, comme il nous est inaccessible, il ne peut nous rendre aucun service au point de vue de nos déterminations. Cela est incontestable, et, au point de vue pratique, un système comme celui de M. Streintz est préférable. Mais la proposition de Neumann rend pour ainsi dire tangible cette constatation que c'est bien l'espace absolu qui se retrouve au fond de nos formules du mouvement. Ce qui tend à masquer cette vérité, c'est que, par suite de l'inertie, nous ne pouvons assigner au déplacement uniforme et rectiligne qu'une valeur relative. Mais il est clair, au point de vue de la logique pure, que si nous devons concevoir l'espace comme absolu à certains égards et relatif à d'autres, c'est bien la première de ces conceptions qui doit prévaloir sur la seconde. En effet, il est impossible de construire de l'absolu avec du relatif ; mais l'absolu peut fort bien momentanément apparaître comme un relatif, par suite de l'insuffisance de nos connaissances. — Il est presque superflu de faire ressortir, d'ailleurs, que la notion de l'espace absolu ne répugne aucunement à notre imagination. Nous avons vu qu'elle a dominé la science jusqu'à l'instauration du principe d'inertie et nous avons cer-

1. Neumann, *l. c.*
2. Euler *l. c.* § 99.
3. Newton, *l. c.* p. 8.

tainement beaucoup de peine à nous habituer à l'idée que le repos des corps terrestres n'est qu'apparent.

Il n'est d'ailleurs pas impossible qu'il ne s'agisse que d'une phase transitoire de la science. Les théories électriques semblent démontrer qu'il nous faut tenir compte, non seulement des mouvements des corps pondérables les uns à l'égard des autres, mais encore des mouvements de ces corps à l'égard du milieu universel, l'éther. La question est trop complexe, et d'ailleurs les travaux de MM. Lorentz et Michelson — pour ne citer que ces deux noms célèbres — sont trop connus des physiciens, pour que nous songions à en donner ici un exposé même sommaire. Qu'il nous suffise d'indiquer qu'il est question de déterminer, par certains phénomènes, le déplacement absolu de la terre relativement à l'éther. Sans doute on n'est parvenu jusqu'ici qu'à des résultats contradictoires, ainsi que nous l'avons mentionné plus haut[1]. Mais le fait seul qu'on ait pu rechercher cette donnée prouve, comme le reconnaît M. Poincaré (qui pourtant tient ferme pour la relativité de l'espace), que cette recherche n'était pas absurde[2] : il nous semble d'ailleurs que les considérations fondées sur la conception de Newton suffisent pour le démontrer. Rien ne prouve, en outre, que des recherches de ce genre doivent rester toujours stériles. Or, qu'arriverait-il si nous parvenions à indiquer réellement notre déplacement par rapport à l'éther? Sans doute, on pourrait considérer que ce n'est encore là qu'une donnée relative, et rien ne nous empêcherait de supposer que l'éther lui-même se déplace dans l'espace. Mais ce serait pécher contre la maxime d'Occam. Il est donc infiniment plus probable que ce jour-là nous reviendrions enfin à la conception logique de l'espace et du mouvement absolus, en considérant la relativité apparente des mouvements rectilignes et uniformes comme une simple conséquence du principe d'inertie.

Ainsi, les deux démonstrations *a priori* du principe d'inertie sont toutes deux également irrecevables. Comme une analyse plus approfondie du principe lui-même va nous le démontrer, l'inertie, loin d'être une notion instinctive de notre esprit que le raisonnement ultérieur ne ferait que dégager (ce qui est évidemment la définition de l'apriori-

1. Cf. p. 50.

2. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, p. 201.

cité), constitue au contraire une conception paradoxale et à laquelle notre entendement se plie difficilement.

Le principe d'inertie stipule le maintien de la vitesse rectiligne. La vitesse, c'est l'espace parcouru dans l'unité du temps, ou, si l'on veut, c'est le quotient de l'espace parcouru par le temps écoulé, l'un et l'autre étant mesurés par des unités arbitraires : $V = \frac{e}{t}$.

Ces définitions sont exactes, à condition toutefois qu'on se rappelle que les termes *temps* et *espace* sont pris ici dans un sens particulier. *Espace* signifie chemin, c'est-à-dire longueur d'une ligne limitée par deux points, et *temps*, espace de temps, c'est-à-dire durée comprise également entre deux limites précises. C'est là la conception naturelle, seule conforme à notre sentiment immédiat. Et l'on voit à quel point il est paradoxal de stipuler que la vitesse, notion dérivée, abstraite, déduite à l'aide de celle de limite, persistera au delà de toute limite. Il y a là, à n'en pas douter, quelque chose de choquant pour notre entendement. Mouvement à l'origine veut dire *déplacement* ; jusqu'à Galilée et Descartes, on l'a toujours compris de cette manière. Aristote l'assimilait à un *changement :* on peut voir que dans les théories les plus récentes et les plus élevées de la dynamique chimique, celles qui se rattachent aux travaux de M. Gibbs, nous sommes en train de retourner partiellement à ces doctrines[1]. Mais le changement s'opère entre des limites; aussi le mouvement, quand il se faisait en ligne droite, était-il toujours conçu comme dirigé vers un but. « Il n'y a pas de changement qui soit éternel, dit Aristote en parlant du mouvement, parce que naturellement tout changement va d'un certain état à un certain état; et, par une conséquence nécessaire, tout changement a pour limite les contraires dans lesquels il se passe[2]. » « L'impulsion n'est que le mouvement partant du moteur même ou d'un autre et allant vers un autre[3]. »

Cette conception, assimilant le déplacement, le changement de position, à un *changement*, est tout à fait conforme à notre sentiment naturel. Les physiciens la combattront quand il s'agira d'établir la notion de l'inertie. « Il ne faut pas s'imaginer, dit Euler, que la conservation de l'état dans un corps

1. Duhem. *L'évolution de la mécanique*, Paris, 1903, pp. 10-11, 218-219.
2. Aristote. *Physique*, l. VIII, cap II § 2.
3. Id. *Traité du Ciel*, l. III cap. II § 2.

renferme la demeure au même lieu; cela arrive bien lorsque le corps est en repos ; mais lorsqu'il se meut avec la même vitesse et selon la même direction, on dit également qu'il demeure dans le même état quoiqu'il change de lieu à tout moment[1]. » Mais la position, le lieu, nous apparaissent certainement comme des choses plus réelles que la vitesse et même que la direction. Il convient, en effet, de le remarquer : ces deux éléments essentiels du principe d'inertie sont équivalents ; nous avons vu que, dans les démonstrations aprioriques, on se préoccupe de la vitesse alors que le maintien de la direction est considéré comme n'ayant pas besoin de preuve. Ce sentiment a été quelquefois formulé expressément par des physiciens : Laplace[2] et Poisson[3] estimaient que le principe d'inertie devait être considéré comme étant *a priori* en ce qui concerne la direction et *a posteriori* en ce qui a trait à la vitesse. Mais il s'en faut de tout que l'idée de direction rectiligne fasse réellement partie intégrante de notre concept du mouvement. On sait qu'au contraire Aristote et toute la physique jusques et y compris Copernic et Galilée ont accepté tacitement l'idée qu'un corps en mouvement qui commençait à changer de direction devait continuer à en changer, le rayon de courbure restant constant : car c'est là apparemment, traduit en langage moderne, l'idée fondamentale du mouvement naturel circulaire des corps célestes. Rappelons-nous d'ailleurs combien nous avons été choqués d'apprendre qu'un projectile, lancé par une fronde, suit la tangente du cercle qu'il décrivait : c'est que sans doute nous n'avions pas du tout, précédemment, le sentiment que la vitesse du projectile à chaque moment est rectiligne et dirigée suivant la tangente[4]. L'astronome moderne *voit* pour ainsi dire la lune en train de tomber sans cesse sur la terre, et un corps tournant avec une vitesse uniforme dans un cercle apparaît au physicien comme subissant une *accélération*. Mais c'est là, ainsi que le remarque Duha-

1. L. Euler. *Lettres à une princesse d'Allemagne*, Paris, 1812. vol. I p. 322.

2. Laplace. *Mécanique céleste*, *Œuvres*, Paris. 1878 § 9.

3. Poisson. *Traité de mécanique*, 2e éd. Paris, 1833, p. 207.

4. On sait que les astronomes ont longtemps cherché une force qui fit *mouvoir* les planètes (cf. Appendice III p. 417, ss). Borelli en 1666 émit le premier l'idée qu'elles se déplaçaient simplement sous l'action de l'inertie, combinée avec une force centripète, dirigée vers le soleil. Cf. Rosenberger, *l. c.*, vol. II, p. 166 et Duhem. *La théorie physique*, p. 407-408.

mel, détourner les mots de leur sens naturel[1]; nous dirions que c'est faire violence à notre entendement. Au point de vue du sentiment immédiat, même de l'homme moderne, l'idée d'un corps tournant perpétuellement en cercle, sans cause permanente, est moins choquante que celle du corps qui s'en va, d'une vitesse uniforme, dans l'espace, sans but et sans fin, dépassant les limites de l'univers concevable ; c'est pourtant là la formule de l'inertie. Le physicien moderne, pour lequel l'inertie constitue le fond même de sa conception mécanique du monde, a pour ainsi dire perdu la faculté de s'étonner de ce paradoxe ; mais il frappe encore quelquefois l'attention des philosophes tels que Duehring[2] et même Lotze qui pourtant, nous l'avons vu, a tenté lui-même une déduction *a priori* du principe; dans le passage auquel nous faisons allusion, ce philosophe déclare qu'il est étrange de supposer qu'un corps quitte sa position sans en chercher une autre[3], ce qui est bien le point de vue de la physique prégaliléenne, conforme d'ailleurs à notre sentiment immédiat.

On peut pousser cette analyse plus loin encore : même la première partie du principe, celle qui a trait au corps en repos et dont le caractère *a priori* a été souvent admis par ceux qui, comme Duehring[4], considéraient le reste comme étant empirique, est loin de mériter cet honneur. On dit : un corps ne peut se mettre lui-même en mouvement, et cet énoncé paraît, au premier moment, évident. Mais c'est simplement une vérité de définition. Nous avons, en constituant le concept de la matière, séparé celle-ci du mouvement; donc, elle nous paraît désormais immobile. C'est ce que Berkeley a exprimé avec une admirable netteté : « Que l'on enlève de l'idée du corps l'extension, la solidité, la figure, il ne restera rien. Mais ces qualités sont indifférentes au mouvement et elles n'ont rien en elles qui puisse être qualifié de principe du mouvement[5]. » Si maintenant nous voulions douer la matière de mouvement, nous éprouverions la même difficulté, que ce mouvement lui vienne du dehors ou qu'il ait son principe

1. Duhamel. *Cours de mécanique*, 3e éd. Paris, 1862, p. 19.

2. Duehring. *Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik*. Berlin, 1872, p. 32.

3. Lotze. *Grundzuege der Naturphilosophie*. 2e éd. Leipzig, 1889, p. 13-14. Cf. *Ib.* p. 354 *« es ist eine ortsbestimmende Kraft. »*

4. Duehring, *l. c.*

5. Berkeley. *Works*, éd. Fraser, Londres, 1871, vol. III. *De motu* § 29.

dans la matière elle-même. Nous avons vu qu'il n'existe aucun moyen de rendre intelligible le choc de deux corps; et, quant à la force à distance, ce n'est qu'un être mystérieux. Si un corps possède cette faculté incompréhensible d'agir sur un autre à travers l'espace, pourquoi ne se mettrait-il pas en mouvement lui-même? « Un des caractères les plus généraux de la matière est de pouvoir, dans des circonstances propices, se mettre elle-même en mouvement », a dit un physiologiste connu pour son ferme attachement aux doctrines matérialistes[1]. Mais nous pouvons confirmer le résultat auquel nous sommes parvenus par des considérations un peu abstraites, en analysant de plus près certaines conceptions de la physique moderne.

Il n'existe rien d'immobile dans la nature. Non seulement tous les corps sont en mouvement, mais encore leurs parties sont en état d'agitation continuelle. Voici une masse d'eau dans un vase; elle semble en repos. Mais il suffit qu'une ouverture baille au-dessous du niveau de la surface, pour que le tout se mette en mouvement. Si nous voulons comprendre quoi que ce soit à ce phénomène, nous sommes bien obligés de supposer que le repos n'était qu'apparent, qu'à l'intérieur de l'espace rempli par l'eau le mouvement existait déjà précédemment, bien qu'il fût invisible.

Cette agitation des parties nous échappe d'ordinaire; quelquefois elle ne se manifeste à nous que sous forme d'une énergie, telle que la chaleur; mais M. Gouy nous a appris à la rendre directement sensible à l'œil sous la forme du mouvement brownien. D'ailleurs, tout corps est une source continuelle de mouvement pour tout ce qui l'entoure, puisqu'il rayonne sans cesse de la chaleur. Si nous ne nous en apercevons point, c'est parce qu'il reçoit autant de mouvement qu'il en dépense. Ainsi l'immobilité, même relative, n'est qu'apparente et la matière inerte n'est qu'une abstraction irréalisable. Il n'y a donc rien de contradictoire à ce qu'elle manifeste, à un moment donné, du mouvement, à peu près comme une bille qui est susceptible de transformer son « effet » en translation[2]; et c'est bien à peu près de cette manière que nous

1. MOLESCHOTT. *La circulation de la vie*, trad. CAZELLES, Paris, 1866, p. 96. On peut rapprocher de l'affirmation de Moleschott cette incidente de MAUPERTUIS, *Cosmologie*, *Œuvres*. Lyon, 1756, vol. I, p. 33 : «... quoiqu'il fût absurde de dire qu'une partie de la matière qui ne peut se mouvoir elle-même, en pût mouvoir une autre. »

2. On sait que la théorie de la matière du Dr Gustave Le Bon est entiè-

sommes forcés de nous figurer l'action des explosifs. — Ainsi, notre assentiment à la proposition qui stipule l'inertie à l'état de repos n'a pas du tout sa source dans les motifs que nous sommes tentés de lui attribuer et, de ce fait, ne peut nous être d'aucun secours pour la démonstration apriorique du principe.

Il ressort, semble-t-il, clairement de l'examen auquel nous venons de nous livrer que, contrairement à l'opinion de d'Alembert et de Lotze, de Kant et de Maxwell, le principe d'inertie ne saurait se démontrer *a priori*. L'inertie ne fait pas « partie intégrante du concept du mouvement » (Lotze)[1] et, en la niant, on ne se met pas « en contradiction avec l'unique système de doctrine logique sur l'espace et le temps que l'esprit humain ait été capable de concevoir » (Maxwell)[2]. C'est au contraire, ainsi que John Stuart Mill l'a clairement aperçu, une proposition paradoxale et à laquelle « l'humanité pendant longtemps n'a ajouté foi qu'avec beaucoup de difficulté[3] ».

Par contre, il nous semble difficilement contestable que ce principe puisse être considéré comme une vérité d'expérience. Assurément, l'expérience directe est impossible. Tous les corps que nous connaissons obéissent à la gravitation et nous n'avons aucun moyen de les soustraire à l'action de cette force. Le mouvement rectiligne et uniforme ne saurait donc être réalisé. Nous pouvons, il est vrai, décomposer les mouvements des corps célestes; on a dit quelquefois qu'ils constituent la démonstration la meilleure du principe d'inertie, et cela est vrai en un certain sens. Mais, en tant que fait primitif, cette décomposition manquerait de force démonstrative, étant donné que l'autre composante, la gravitation, reste enveloppée de mystère. Sans doute Hegel avait tort de protester, dans un passage qui a souvent servi de thème aux contempteurs de la métaphysique, contre la supposition que les corps célestes étaient tiraillés en sens divers, et de déclarer qu'ils traversaient l'espace en « dieux libres[4] ». Mais, en

rement basée sur l'hypothèse d'un mouvement extrêmement rapide des particules, mouvement qui se manifesterait au dehors dans certaines conditions. Cf. Le Bon. *L'évolution de la matière*, Paris 1905, *passim*.

1. Cf. p. 107.

2. Maxwell. *Matter and Motion*. Londres, 1902, p. 36.

3. St. Mill. *A System of Logic*. Londres, 1884 p. 160.

4. Hegel. *Naturphilosophie* § 269. *Werke*, Berlin 1842, vol. VII. Cf. P. G. Tait, *Les progrès récents de la physique*, Paris, 1886, p. 15.

somme, il n'a fait que formuler la résistance instinctive que notre entendement oppose tout d'abord à une décomposition de ce genre.

Mieux vaut donc commencer par les objets terrestres. On constate aisément que les corps doués d'un mouvement rectiligne et uniforme par rapport à la terre, comme le sont, par exemple, tous ceux qui se trouvent à bord d'un navire, se comportent absolument comme ceux qui sont en repos à l'égard du sol. D'ailleurs, ce repos n'est qu'apparent. La considération des mouvements des corps célestes nous force à supposer que la terre se déplace dans l'espace avec une vitesse considérable et tout ce qui se trouve sur notre planète doit, en réalité, décrire dans l'espace des courbes fort compliquées. Mais les rayons de courbure de ces lignes sont très grands; pour le mouvement dont le rayon de courbure est le plus réduit, la rotation de la terre, nous parvenons encore à constater des effets sensibles; mais, en les constatant, nous pouvons les éliminer. Nous pouvons donc, sans risque d'erreur appréciable, considérer les chemins décrits par les objets terrestres comme des droites, et c'est au mouvement uniforme en ligne droite qu'appartiennent par conséquent les propriétés que nous attribuions au repos. C'est le principe d'inertie en totalité, tel que le formule d'Alembert, car la composition des mouvements en découle directement.

Mais si le principe d'inertie est susceptible d'être considéré comme une vérité d'expérience, est-ce vraiment comme telle qu'il apparaît à notre entendement, qu'il force notre assentiment? N'y a-t-il pas quelque chose de véritablement étrange dans le fait que des hommes aussi éminents que ceux dont nous avons évoqué les noms aient pu s'y tromper?

Nous pouvons d'abord constater que la démonstration, telle que nous venons de la présenter, n'était pas possible à l'époque où le principe fut établi, ou du moins qu'elle fut alors incomplète. On ne pouvait faire valoir le mouvement des corps célestes qui contribue tant chez nous à raffermir l'idée, paradoxale en apparence, que le mouvement est quelque chose de perpétuel, alors que nous voyons tout mouvement terrestre s'éteindre rapidement; on ne pouvait même pas s'appuyer sur ce fait que les objets terrestres devaient être considérés comme un état de mouvement uniforme et rectiligne. Sans doute Galilée était copernicien, et Descartes aussi, bien qu'il ait quelquefois usé d'expressions ambiguës.

Mais on ne pouvait certainement alors traiter cette théorie comme une vérité hors de contestation, telle qu'elle nous apparaît aujourd'hui, et si on établissait un lien logique entre l'inertie (ou la relativité du mouvement, comme chez Cusa) et le mouvement de la terre, c'était pour appuyer la seconde de ces conceptions sur la première et non inversement. Il y avait même là, depuis les travaux de Galilée et jusqu'aux découvertes de Newton, une source de contradiction manifeste, et si Galilée a maintenu, tout comme Copernic, la conception du mouvement circulaire naturel des corps célestes, c'est certainement parce qu'il ne voyait pas d'autre moyen d'expliquer leurs orbites. Personne, avant Borelli, n'a attribué le mouvement des corps célestes à l'action de l'inertie[1].

Dès lors on peut se demander comment, en dépit de ces difficultés, en dépit de son apparence profondément paradoxale, en dépit du fait qu'une démonstration médiocrement convaincante était seule possible à l'époque, le principe d'inertie a pu être si rapidement accepté comme le fondement de la mécanique entière. Voyons d'abord de quelle manière l'ont présenté Galilée et Descartes.

On a quelquefois traité Galilée de grand expérimentateur; mais c'est là, nous dit P. Tannery avec beaucoup de justesse, méconnaître complètement la vérité historique[2]. Ainsi, à propos de l'inertie, il parle bien de pierres tombant du haut d'un mât sur un navire en marche[3] et d'animaux marchant à bord d'un navire[4], et il paraît avoir réellement fait ces expériences; mais ce sont pour lui des confirmations sur lesquelles il n'insiste pas trop. Cependant, en exposant le principe, il semble s'appuyer sur des faits observés : c'est l'expérience de la bille sur un plan, qui se trouve déjà chez Cusa et chez Benedetti. Voici en quels termes Galilée l'expose dans la *Sixième journée* des *Dialogues sur les nouvelles sciences* : « Et il me semble qu'il arrive ici ce qui arrive pour un mobile grave et parfaitement rond lequel, si on le pose sur un plan très poli et quelque peu incliné, le descendra de lui-même naturellement en acquérant une vitesse toujours plus grande ; mais si, au con-

1. Cf. à ce sujet p. 123, note 4.

2. P. Tannery. *Galilée*, Revue générale des sciences, vol. XII, 1901, p. 335-337.

3. Galilée, *Dialogo interno ai due massimi sistemi*, *Œuvres*, Florence, 1842, vol. I p. 165 ss. *Lettre à Ingoli*, ib. vol. II p. 99 ss.

4. Galilée. *Massimi sistemi*, p. 206.

traire, on voulait de la partie basse le pousser en haut, il nous faudrait lui conférer une impulsion (*impeto*) laquelle ira toujours en diminuant et s'annihilera finalement ; mais si le plan n'est pas incliné, mais horizontal, un tel solide rond posé sur lui fera ce qui nous plaira, c'est-à-dire que si nous le posons en repos, il restera en repos, et que si nous lui donnons une impulsion dans quelque direction, il se mouvra vers celle-ci, en conservant toujours la même vitesse qu'il aura reçue de notre main, n'ayant pas le pouvoir (*azione*) de l'accroître ni de la dimiuuer, étant donné qu'il n'existe dans un tel plan ni descente ni montée[1] ».

On aperçoit aisément que s'il devait y avoir là une preuve expérimentale, elle ne s'appliquerait qu'au mouvement horizontal ; et, même dans ces limites, elle serait singulièrement faible. On admettra que le mobile, en remontant un plan si peu incliné qu'il soit, diminuera de vitesse. On admettra également qu'il restera en repos sur un plan horizontal. Mais il ne s'ensuit aucunement qu'il doive toujours descendre, avec une vitesse constamment accrue, un plan si peu incliné qu'il soit. Supposons, en effet, avec Aristote, que le mouvement par impulsion ne se continue que par l'agitation du milieu ou, avec Benedetti, que l'impulsion s'éteigne peu à peu ; dans les deux cas, nous aurons ce que nous appellerions aujourd'hui une « accélération négative » et il nous faudra une certaine accélération positive pour rétablir l'équilibre, c'est-à-dire que le mouvement deviendra uniforme pour une certaine inclinaison du plan ; c'est à peu près la manière de voir de Pappus et l'on sait d'ailleurs que l'expérience directe, étant données les aspérités du plan et du mobile et la résistance de l'air, tendrait plutôt à confirmer une conception de ce genre. Mais la façon même dont Galilée présente les choses n'indique-t-elle pas clairement qu'il s'agit d'expériences non pas réelles, mais « de raisonnement », de ce que les Allemands appellent « expériences de pensée » (*Gedankenexperimente*) : c'est dans son imagination que Galilée établit le plan infiniment lisse, c'est là qu'il l'incline de moins en moins, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre : c'est pourquoi aussi il ne croit pas nécessaire de nous indiquer une seule donnée précise, un seul chiffre résultant de ces expériences. D'ailleurs, Galilée a pris soin de nous en avertir lui-même. Le pas-

1. Galilée, *ib.* vol. XIII, p. 323.

sage de la *Sixième journée* que nous venons de citer n'est que le développement d'un autre passage, probablement d'origine plus ancienne, qui se trouve dans la *Quatrième journée*. Ce dernier commence par ces mots : « Un mobile quelconque jeté sur un plan horizontal, je le *conçois par la pensée (mente concipio)* isolé de tout empêchement »...

Quel est donc le véritable fondement de la démonstration de Galilée ? Il est pour ainsi dire sous-entendu et c'est à peine si Galilée lui-même, vers la fin du passage, y fait allusion ; mais c'est qu'il l'a déjà indiqué nettement dans les pages qui précèdent. C'est en effet dans la *Troisième journée* qu'il faut chercher le véritable exposé du principe, appliqué cette fois au mouvement dans n'importe quelle direction et non pas seulement au mouvement horizontal. « Mais sur le plan horizontal, — dit Galilée après avoir parlé du plan incliné — le mouvement est uniforme, car il n'existe là aucune cause d'accélération ou de ralentissement... Il faut en outre faire remarquer que tout degré de vitesse qui se trouve dans un mobile lui est, par sa nature même, imprimé d'une façon indélébile dès qu'on enlève les causes externes d'accélération ou de ralentissement, ainsi que cela se produit dans un plan horizontal seul... Il s'ensuit également que le mouvement dans le plan horizontal est éternel[2] ».

Chez Descartes, l'inertie se présente toujours comme une déduction pure; c'est à peine si, à ce propos, il mentionne les circonstances réelles, telles que la résistance de l'air, qui seraient de nature à fausser l'observation. Descartes part d'un principe qu'il dénomme la « Première loi de la nature » et qu'il formule ainsi : « Chaque chose demeure en l'état qu'elle est pendant que rien ne la change. » C'est là le titre du XXXVIIe chapitre de la Seconde Partie des *Principes* et, dans le texte, cette loi est déduite de ce que « Dieu n'est point sujet à changer et qu'il agit toujours de même sorte. Il s'en suit, lorsque quelque particule de cette matière est quarrée qu'elle demeure toujours quarrée, s'il n'arrive rien d'ailleurs qui change sa figure, et que, si elle est en repos, elle ne commence

1. Galilée, *ib*. p. 154.

2. *Ib*. p. 200. « *At in plano horizontali motus est æquabilis cum nulla ibi sit causa accelerationis aut retardationis... Attendere insuper licet quod velocitatis gradus quicunque in mobili reperiatur, est in illo suapte natura indelebiliter impressus dum externæ causae accelerationis aut retardationis tollantur, quod in solo horizontali plano contingit... Ex quo pariter sequitur motum in horizontali esse quoque aeternum,*

point à se mouvoir de soy-mesme. Mais lorsqu'elle a commencé une fois de se mouvoir, nous n'avons aussi aucune raison de penser qu'elle doive jamais cesser de se mouvoir de mesme force pendant qu'elle ne rencontre rien qui retarde ou qui arreste son mouvement. » Après avoir ainsi établi la perpétuité du mouvement, Descartes stipule, par une formule spéciale, qu'il doit se continuer en ligne droite. C'est sa deuxième loi et il l'énonce comme suit : « Tout corps qui se meut tend à continuer son mouvement en ligne droite », en remarquant simplement dans le texte du XXXIX[e] chapitre dont cette formule constitue le titre : « Cette règle, comme la précédente, dépend de ce que Dieu est immuable. »

Cette argumentation a certainement suffi pour forcer l'assentiment des contemporains : le principe d'inertie, presque immédiatement, domina la science, et ce en dépit de l'accoutumance tant de fois séculaire aux doctrines antagonistes d'Aristote. On s'en est quelquefois étonné, à tort suivant nous. Descartes, en précisant ce qui n'était qu'obscurément sous-entendu chez Galilée, a réellement et clairement exposé ce qui constitue le véritable fondement de l'inertie, ce par quoi ce principe s'impose à notre esprit.

Nous avons vu qu'à l'origine le concept de la vitesse n'est qu'un rapport entre deux termes limités, et que le mouvement apparaît comme un changement, analogue au changement de couleur. Il n'en est plus ainsi pour nous : le mouvement nous apparaît comme un état, analogue par conséquent non au changement de couleur, mais à la couleur elle-même.

On voit que cette conception se rapproche de celle de Themistius et de Cardan, pour qui l'impulsion communiquée à un corps est quelque chose d'analogue à la chaleur. On peut dire qu'il eût suffi de considérer, dans ce cas, la chaleur comme une substance ou comme un accident substantiel (ce qui était d'ailleurs, comme on sait, assez conforme à la doctrine péripatéticienne), pour que le principe d'inertie fût créé.

Cette conclusion peut sembler paradoxale. En effet. nous ne connaissons pas de principe de conservation de la couleur et, depuis la ruine de la théorie de Black, nous ne croyons plus à la conservation de la chaleur. Mais il y a, nous l'avons vu, une différence profonde entre les phénomènes du mouvement et tous les autres : ceux-là nous paraissent simples, primaires, ceux-ci, compliqués, secondaires, susceptibles d'être expliqués par les premiers qui doivent constituer le fond des

choses. Quand la solution de permanganate de potasse que l'on appelait autrefois « caméléon minéral » change successivement de couleur, nous avons la conviction que ces modifications doivent avoir une cause, qu'elles sont les conséquences de changements qui se sont produits dans la substance colorante ; mais ces modifications elles-mêmes ou, en tout cas, le lien qui les rattache aux changements de couleur, peuvent rester cachés provisoirement. Il n'en est pas ainsi d'un phénomène du mouvement; il n'y a rien « derrière ». Par conséquent, si le mouvement est un état, s'il doit se maintenir comme tout état, nous pouvons l'énoncer sous une forme absolue, en faire un principe, sans avoir à craindre l'intervention d'aucun agent mystérieux.

C'est ainsi que le mouvement devenu état se transforme aussitôt en entité, en substance, c'est-à-dire qu'en vertu du principe de causalité, notre esprit manifeste l'invincible tendance à maintenir son identité dans le temps, à le conserver. Le corps qui se déplace est « en état de mouvement ». Ce qui distingue cet état des autres, ce qui en constitue, pour suivre notre image, la nuance particulière, c'est la vitesse. Quand nous avons bien saisi cette idée, nous admettons aussitôt que la vitesse n'est pas un quotient, qu'elle n'a pas besoin de limites, mais qu'elle existe dans chaque fraction du temps si petite que nous la voulions, qu'elle est une dérivée. Et c'est ainsi la vitesse dont nous énonçons la conservation.

Voilà, semble-t-il, le vrai fondement du principe. Et quoique la possibilité d'une preuve expérimentale existe, c'est bien cet argument qui crée notre conviction si forte, si différente de celle avec laquelle nous accueillons les formules purement empiriques. C'est aussi ce sentiment obscur qu'il y a au fond du principe autre chose que de l'empirie pure, qui explique qu'on ait cherché si obstinément des démonstrations aprioriques. Par conséquent, Descartes a dévoilé l'essence du principe en le rattachant à « l'immutabilité de Dieu », à la conviction que toute chose persiste dans la nature. Il a donc non seulement le mérite d'avoir, le premier, proclamé hautement le principe, mais encore celui d'en avoir indiqué le véritable fondement. Nous avons vu, d'ailleurs, que toutes les tentatives de déduction apriorique que nous avons examinées sont également fondées sur le principe de l'identité dans le temps. Il est très curieux, à ce point de vue, d'observer la forme que Kant donne au principe. Il l'énonce : Tout ce qui

est demeure tel qu'il est. C'est une formule beaucoup plus générale que celle que les physiciens désignent habituellement sous le nom de principe d'inertie, — Kant, bien entendu, le reconnaît, aussi le transporte-t-il dans la métaphysique[1], — et ce n'est évidemment que le principe même de l'identité dans le temps tel que nous l'avons défini. Schopenhauer a donc simplement résumé cet enseignement, en déclarant que le principe d'inertie est apriorique parce qu'il est une conséquence du principe de causalité[2], et Spir est resté dans la même tradition, en le déduisant directement du principe d'identité[3].

Nous pouvons maintenant répondre à la question que nous nous sommes posée : le principe d'inertie est-il *a priori* ou *a posteriori?* Il n'est ni l'un ni l'autre, parce qu'il est l'un et l'autre à la fois. Sans doute, ce principe est susceptible, dans l'état actuel de nos connaissances, d'une démonstration empirique parfaitement valable, quoique indirecte ; mais, en fait, ce n'est pas ainsi que le principe a été établi à l'origine et, actuellement encore, cette démonstration ne constitue point la véritable base de notre conviction. Celle-ci repose sur ce que le principe est susceptible de revêtir une forme qui le fait apparaître comme dérivé du principe causal.

Ce dernier principe est, certes, apriorique. Mais ce n'est pas, nous l'avons vu, un énoncé dont on puisse directement déduire des propositions précises : c'est là ce qui rend caduques toutes les démonstrations aprioriques, de Descartes à d'Alembert et à Spir. En effet, pris à la lettre, le principe d'identité dans le temps signifierait : *tout persiste,* affirmation aussitôt démentie par l'expérience ; nous n'amenons un accord qu'à l'aide de cette proposition subsidiaire : *tout est mouvement.* Dès lors l'énoncé devient : *certaines choses essentielles persistent.* Mais c'est une formule indéterminée, car elle ne nous indique pas quelles sont les choses qui persistent et que, par conséquent, nous devons considérer comme essentielles. C'est l'expérience seule qui peut nous l'apprendre. Mais l'expérience joue en cette matière un rôle particulier, en ce sens qu'elle n'est pas libre, car elle obéit au principe de causalité que nous

1. Cf. plus bas p. 159.

2. « *Das a priori gesicherte, weil aus der Causalitæt folgende Gesetz der Traegheit,* » SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung,* éd. Frauenstædt, Leipzig, 1877, vol. I p. 79.

3. SPIR. *Pensée et réalité,* p. 411, 419, cf. Préface de PENJON, p. IX.

pouvons appeler avec plus de précision la *tendance causale*, parce qu'il manifeste son action en nous commandant de rechercher dans la diversité des phénomènes quelque chose qui persiste. La formule constitue, selon l'admirable expression de M. Boutroux, non pas une loi, mais un « moule de lois ».

Nous pouvons tirer, de ce que nous venons d'exposer pour le principe d'inertie, cette conclusion générale : toute proposition stipulant identité dans le temps nous paraît *a priori* revêtue d'un haut degré de probabilité ; elle trouve notre esprit préparé, le séduit et est immédiatement adoptée à moins d'être contredite par des faits très manifestes. Peut-être serait-il bon d'appliquer à des énoncés de cette catégorie, intermédiaires entre l'*a priori* et l'*a posteriori*, un terme spécial. Nous proposerions, faute de mieux, le terme *plausible*. Ainsi donc, toute proposition stipulant identité dans le temps, toute loi de conservation est plausible.

Et l'on ne saurait en vérité, à la lumière des résultats auxquels nous sommes parvenus, assez admirer la force de cette tendance. Le principe d'inertie exige que nous concevions la vitesse comme une *substance*. Or, c'est une conception entièrement paradoxale pour l'entendement immédiat, suivant lequel la vitesse est un simple rapport et qu'il faut violenter, pour ainsi dire, afin d'établir qu'elle peut être conçue comme une qualité. Comment se fait-il donc que notre esprit accepte si facilement, sans secousse, cette étrange notion ? La réponse ne nous semble pas douteuse : c'est parce qu'elle peut servir à satisfaire la tendance causale. Il suffit que nous puissions concevoir la conservation de la vitesse pour que la nature même de cette notion subisse aussitôt une prodigieuse transformation.

Il faut ajouter cependant que, du moins pour les modernes, la conception du mouvement comme état est fortifiée par les habitudes d'esprit que nous donne le calcul infinitésimal. Elles concourent certainement à nous faire accepter l'idée de la vitesse-dérivée. Mais on peut se demander si, sans le principe d'inertie, ces conceptions mathématiques auraient jamais pu être appliquées à la science du mouvement ; et, tout en admettant que les idées fondamentales sur lesquelles reposent les méthodes de Newton et de Leibniz existaient en germe antérieurement aux travaux de ces savants, on pourrait difficilement, semble-t-il, leur attribuer un rôle actif

dans la formation du concept du mouvement-état. C'est plutôt, au contraire, cette dernière conception, née de la manière que nous venons d'exposer, qui semble avoir aidé à l'éclosion des notions qui sont le fondement du calcul infinitésimal.

CHAPITRE IV

LA CONSERVATION DE LA MATIÈRE

On trouve ce principe énoncé de manières fort diverses. Écartons tout d'abord la formule « rien ne se crée, rien ne se perd » qu'on lui attribue encore quelquefois et qui, évidemment, est beaucoup trop large : elle s'appliquerait tout aussi bien à la conservation de la vitesse et à celle de l'énergie, ce qui n'est pas surprenant puisque cette formule n'est, nous l'avons vu, qu'une des expressions du principe de causalité. Il faut donc dire au moins : la matière ne se crée ni ne se perd. Mais cette formule encore manque de précision. Voici un lingot d'argent : sa couleur, son éclat, sa dureté, sa malléabilité, sa conductibilité pour l'électricité et la chaleur, en un mot toutes les propriétés physiques que je lui connais font certainement partie intégrante de ma conception de cette matière. Entend-on affirmer que tout cela soit indestructible ? Assurément non, puisqu'il suffit de dissoudre le métal dans de l'acide azotique pour que toutes ces propriétés s'évanouissent. Le terme *matière* est donc pris ici dans un sens plus étroit que celui qui lui est assigné communément, et l'énoncé du principe doit être complété par une définition de ce terme. Afin de suivre l'évolution de la matière à travers des modifications analogues à celle que nous venons de faire subir au lingot d'argent, le chimiste se sert de la balance. C'est à l'aide de la balance que Lavoisier a accompli sa « révolution chimique », pour parler avec Berthelot. Il semble donc que le terme *matière* doive se définir par : ce qui est pesant. Remarquons cependant que ce poids, dont nous avons eu l'air d'affirmer l'indestructibilité, nous le voyons, sans surprise, se modifier selon l'endroit où nous faisons l'expérience : il ne sera pas strictement le même au pôle et sous l'équateur, et nous supposons que le même lingot d'argent, pesé à l'aide

d'une balance à ressort, cela va sans dire, aurait un poids encore bien plus différent à la surface de la lune. Ces variations, qui proviennent de celles de la constante de la gravitation en ces divers endroits, nous les éliminerons en divisant le poids par cette constante. Nous parvenons ainsi au concept de masse, rattaché à celui de poids par l'équation $p = mg$, et notre principe se précise finalement comme celui de la conservation de la masse.

Nous allons, dans ce chapitre, nous arrêter à cette définition. Nous verrons plus tard (p. 217 ss.) qu'elle n'épuise pas en réalité tout le contenu du principe, ce dernier renfermant, en outre, un énoncé moins facile à préciser, mais néanmoins fort important.

La conservation du poids de la matière a été formulée dans l'antiquité. C'est ce dont on ne saurait douter en lisant avec quelque attention le *De natura rerum.* Sans doute le « nil posse creari de nihilo » ne prouve rien : le contexte même démontre clairement que Lucrèce entendait sa formule dans le sens le plus général, c'est-à-dire que c'était bien le principe de causalité lui-même[1]. Mais cette formule, il l'applique aussitôt aux atomes. Ils sont éternels, incréés, indestructibles[2]. Ils sont aussi pesants. Toute matière est pesante, il n'existe pas de corps absolument léger, c'est-à-dire ayant une tendance à monter[3], et le poids est la véritable mesure de la quantité de la matière[4]. Il s'ensuit, de toute évidence, que le poids doit rester constant, et bien que cette règle ne se trouve explicitement énoncée nulle part dans le *De natura rerum,* on ne saurait douter qu'elle n'ait été ainsi comprise et enseignée dans certaines écoles philosophiques de l'antiquité. Un curieux passage d'un traité attribué à Lucien en fait foi. « Si je brûle mille mines de bois, Démonax, combien y aura-t-il de mines de fumée ? Pèse la cendre, dit-il, la fumée est le reste cherché[5] ». Démonax était un philosophe cynique du IIe siècle de notre ère. Il paraît s'être occupé exclusivement de morale, de théologie et de politique[6]. Rien n'indique qu'il ait professé

1. Lucrèce, *De natura rerum,* l. Ier, vers 150 ss.
2. *Ib.* l. Ier vers 486-7 et 500.
3. *Ib.* l. II vers 185-186.
4. *Ib.* l. Ier vers 361-363.
5. Lucien de Samosate. *Œuvres,* trad. Talbot, Paris, 1882 t. Ier p. 531.
6. Cf. J. Bernays. *Lucian und die Kyniker.* Berlin, 1876, p. 27, 33, 57. 95. Bernays doute que le traité sur Démonax soit de Lucien, mais l'attribue à un contemporain de Démonax.

des opinions atomistiques, ni qu'il ait étudié des questions scientifiques. La phrase est citée comme une « repartie heureuse ». La citation n'en est que plus significative, car elle prouve que ce raisonnement, analogue à ceux que nous faisons en vertu du principe, était devenu courant dans les écoles philosophiques. — Il est certain, d'ailleurs, que Lucrèce n'a fait que répéter les enseignements de son maître Épicure, et il est au moins fort probable que cette partie de la doctrine avait déjà été formulée par Démocrite, peut-être même par Leucippe[1].

On peut dire qu'en un certain sens les anciens atomistes ont dû concevoir, en même temps que la constance du poids, celle de la masse. En effet, ils confondaient, semble-t-il, complètement ces deux concepts. Il n'est guère aisé de se figurer comment Démocrite et Épicure se représentaient les mouvements des atomes dans le vide, le principe d'inertie et l'ordre d'idées tout entier qui s'y rattache leur étant demeurés étrangers. On croit presque deviner, par la manière dont Aristote expose sa théorie du mouvement dans le plein, qu'il devait y avoir là une lacune dans les conceptions de ses adversaires, lacune dont le Stagirite triomphe avec quelque complaisance. Quoi qu'il en soit, il n'est pas douteux que, dans le poème de Lucrèce, les atomes agissent en vertu de leur poids ; ce dernier concept, déjà attribut inséparable de la matière, devient donc en même temps la mesure directe de son principe d'action, c'est-à-dire qu'au lieu de poser $p = mg$, on formule $p = m$. Il est à remarquer, d'ailleurs, que cette confusion est conforme à notre sentiment immédiat, que nous sommes continuellement enclins à la commettre et que, dès nos premières leçons de mécanique, il nous a fallu quelque effort pour séparer les deux notions[2].

Les conceptions des atomistes, si répandues qu'on les suppose, ne gouvernaient pourtant pas sans rivales les esprits dans l'antiquité. La doctrine d'Aristote, destinée à une si brillante fortune dans les siècles suivants, contredisait con-

1. Cf. par exemple Aristote, *Traité du Ciel*, l. I cap. vii, d'où il semble ressortir que les atomistes ont affirmé nettement la pesanteur universelle des corps. En ce qui concerne les atomes, les témoignages directs de l'antiquité sont quelque peu contradictoires. Cependant, après les avoir discutés, M. Mabilleau (*l. c.* p. 211) arrive à la conclusion que Démocrite leur attribuait bien de la pesanteur.

2. Cf. plus bas p. 164.

sciemment, sur presque tous les points, celle de Leucippe et de Démocrite.

Aristote, tout comme les atomistes, confond, semble-t-il, masse et poids en tant que principe d'action mécanique. Mais, d'autre part, il dissocie complètement les deux concepts de matière et de poids. Le poids est une qualité accidentelle de la matière. Il est la résultante de l'action de deux principes opposés, la pesanteur et la légèreté. « Il y a des choses qui naturellement s'éloignent toujours du centre et d'autres qui, non moins naturellement, sont toujours portées vers le centre... Ainsi donc, nous disons qu'un corps est léger d'une manière absolue quand il est porté en haut et vers l'extrémité, et nous disons qu'il est absolument lourd quand il va en bas, c'est-à-dire vers le centre[1] ». C'est le cas de deux des éléments sur les quatre qu'admet la théorie d'Aristote : « le feu n'a pas de pesanteur, ni la terre de légèreté[2]. » Quant à l'eau et à l'air, ils ont aussi bien pesanteur que légèreté, celle-là prévalant dans l'eau et celle-ci dans l'air. On voit combien, dans cette théorie, ce que nous appelons poids est un concept dérivé. C'est aussi évidemment une propriété accidentelle. Platon, déjà, avait fait ressortir que les éléments se transforment sans cesse les uns dans les autres[3]. D'ailleurs, il est d'expérience journalière que l'air et le feu interviennent dans les transformations de la matière : l'eau qui bout, le bois qui brûle. Aussi Aristote et ses sectateurs rangent-ils la pesanteur avec la couleur et la chaleur.

On sait à quel point ces doctrines prévalurent pendant le moyen âge[4]. On trouve sans doute quelquefois, chez

1. Aristote. *Traité du Ciel*. l. IV, cap. Ier.

2. *Ib*. l. IV, cap. II, § 7.

3. Platon. *Timée*, *Œuvres*, trad. Collet Paris 1845, p. 648. Aristote, *Traité du ciel*, l, III, cap. III, § 1. — Cf. l'exposé de la doctrine péripatéticienne chez Galilée. *Massimi sistemi*, *giorn*. Ia (*Œuvres*, Florence, 1842. vol. I, p. 48).

4. D'après certains travaux récents, la domination de la philosophie péripatéticienne au moyen âge aurait été bien moins absolue qu'on ne le supposait jusqu'ici. M. F. Picavet, notamment, a cherché à établir dans son *Esquisse d'une histoire des philosophies médiévales*, que le vrai maître de la philosophie du moyen âge a été non pas Aristote, mais Plotin. Cette thèse, appuyée par une étude approfondie des textes, a cependant trouvé de nombreux contradicteurs (*Ib*. p. 110 ss. note). Son adoption ne modifierait pas sensiblement notre exposé. M. Picavet fait ressortir tout ce que Plotin doit à Aristote; Porphyre déjà avait constaté que « la Métaphysique d'Aristote est condensée tout entière » dans l'œuvre du néoplatonicien (*Ib*. 49); en somme, c'est Aristote qui lui fournit sa logique et sa science du monde sensible (*Ib*. p. 88, 113). Donc, et bien qu'Aristote soit plus nommé

les alchimistes, des raisonnements fondés sur des considérations de poids. Il se peut que ce fût en partie un héritage datant des origines de cette science, c'est-à-dire d'une époque antérieure à la domination de la philosophie des formes substantielles. On peut aussi supposer que les théories atomiques dont le reflet, nous l'avons vu, se retrouvait dans certains écrits fort répandus, exerçaient une certaine influence. Mais il faut dire aussi que ces raisonnements n'étaient pas en contradiction directe avec la philosophie régnante. Sans doute, il est très difficile de parvenir, par les formes substantielles, au concept numérique du *poids* ; mais en supposant ce concept donné, — le bon sens et l'expérience quotidienne s'acquittent suffisamment de cette tâche — il n'y a rien que de très naturel à attribuer une certaine importance aux observations relatives au poids, de même qu'on en accorde une aux observations concernant la couleur ou la chaleur des corps. Mais ce qui distingue ces opinions des nôtres, c'est que pour nous les considérations fondées sur le poids priment toutes les autres sans exception. C'était là un ordre d'idées complètement étranger à la science du moyen âge. Il n'est pas rare de trouver, dans les écrits de cette époque, des passages où la constance du poids est plus ou moins directement niée, sans même que l'auteur semble avoir conscience d'émettre une proposition hasardée. C'est ainsi que les alchimistes, parlant de la transmutation, mentionnent quelquefois la modification du poids du métal. « Par notre artifice, dit Geber, nous formons facilement de l'argent avec du plomb ; dans la transformation, ce dernier ne conserve pas son propre poids, mais se change en un poids nouveau ». De même l'étain « acquiert du poids dans le magistère [1]. » Les modernes, devant ces affir-

que lu et étudié pendant une grande partie du moyen âge (*Ib.* p. 143), c'est bien de lui, directement ou indirectement, que relève la philosophie de cette période, du moins en ce qui concerne l'étude du monde sensible (*Ib.* p. 89-91, 177). Mais on ne le connaît qu'imparfaitement, et surtout à travers ses commentateurs néoplatoniciens ; on ne le comprend pas toujours et on l'interprète et le complète avec une certaine liberté (*Ib.* p. 93). On trouvera, au cours de notre travail, quelques faits qui viennent à l'appui de cette manière de voir. (Cf. notamment p. 298 ss).

1. Kopp, *Geschichte der Chemie*, Braunschweig, 1845, vol. III p. 119. Kopp pense qu'il s'agit de l'augmentation de poids que le plomb et l'étain subissent pendant l'oxydation. Ce serait donc le même phénomène qui a finalement tant contribué à établir la conservation du poids, qui aurait servi primitivement à démontrer le contraire, par suite de l'opinion préconçue qu'à l'oxydation le corps perdait quelque chose.

mations, sont toujours portés à croire, ou bien que l'auteur ne supposait qu'une modification du poids spécifique, ou bien qu'il admettait l'adjonction d'une matière venant de l'air ou du feu ; mais, en réalité, cette adjonction ne paraissait nullement indispensable ; et quant au poids spécifique, on le confondait le plus souvent avec le poids absolu. Cette confusion est encore très fréquente à une époque postérieure ; non seulement Scaliger, au xviie siècle, mais à la veille même de la grande révolution opérée par Lavoisier, Kunckel et Juncker la commettent[1]. Cette erreur, si l'on veut bien y réfléchir, est toute naturelle. Du moment que le poids est non pas une propriété essentielle, mais une qualité accidentelle de la matière, n'est-il pas naturel de supposer qu'au moment où cette qualité se modifie manifestement, c'est-à-dire où le poids spécifique change, le poids total doit changer aussi[2] ? Le chancelier Bacon qui professait sur les qualités de la matière des opinions se rapprochant de celles des alchimistes, a affirmé l'existence de corps absolument légers[3] et le changement de poids par modification de l'état[4] ; bien que, par ailleurs, il ait solennellement proclamé la constance du poids, en empruntant probablement cette idée aux atomistes anciens[5].

On trouve quelquefois, chez les savants de cette époque, des raisonnements impliquant le principe de la conservation du poids. Telle l'expérience de Cusa qui, pour démontrer que la plante tire sa matière surtout de l'eau, pèse une quantité de terre dans un pot, y place des semences qu'il arrose, repèse la terre après que la plante a poussé vigoureusement et constate que le poids est resté presque le même[6]. Mais il

1. Kopp, *l. c.*, p. 120, 126, 128. Il est curieux que Kopp lui-même ait cédé à la tentation et ait expliqué dans le sens moderne (en ajoutant au terme *poids* l'adjectif *spécifique*) un passage d'Albert. (*Die Alchemie in aelterer und neuerer Zeit*. Heidelberg, 1886, I, p. 17). Il suffit d'examiner sans idée préconçue le passage cité par lui, pour se convaincre qu'Albert entendait bien affirmer une augmentation du poids.

2. Jean Rey, voulant établir le principe de la conservation du poids, déclare qu'il va « ores porter le dementi à cette maxime erronée, qui a eu cours depuis la naissance de la Philosophie, que les elemens allant mutuellement au change de l'vn à l'autre, ils perdent ou gaignent de la pesanteur, à mesure qu'en ce changement ils se rarefient ou condensent ». (*Essays*. Réimpression, Paris, 1896, p. 48.)

3. Bacon. *Works*, Londres 1837 vol. I p. 173 (*Sylva sylvarum* § 789).

4. *Ib.* vol. II p. 361 (*De augmentis scientiarum* l. V cap. iii).

5. *Id. Novum organon*, trad. Buchon. Paris, 1838, l. II § 40, cf. *Historia densi et rari*, *Works* vol. II p. 538.

6. Cf. Rosenberger. *Geschichte der Physik*, vol. Ier p. 107. C'est évidem-

est certain qu'on n'attribuait à des considérations de ce genre qu'une valeur très secondaire. Wislicenus, résumant les croyances des alchimistes, affirme qu'ils étaient convaincus qu'on pouvait, à l'aide de quantités infimes de magistère, transformer des livres de plomb ou de mercure en quintaux de l'or le plus pur[1]. Il serait probablement difficile d'appuyer directement cette affirmation sur un texte tiré d'un auteur de l'époque ; mais il est certain qu'une proposition de ce genre n'aurait pas paru comporter le merveilleux que nous y apercevons. Si, en somme, on trouve plutôt rarement chez les alchimistes des affirmations concernant le changement de poids, ce n'est pas parce qu'ils le considéraient comme un phénomène rare, mais parce qu'ils n'y attachaient aucune importance ; le moindre changement de qualité leur paraissait sans doute bien plus remarquable. Ces affirmations sont plus fréquentes à des époques postérieures, où les opinions sur cette question se rapprochent bien davantage des nôtres, à cause précisément de cette dernière circonstance. Des récits comme ceux des expériences de Reussing, de Dierbach, de Stahl au XVIII[e] siècle, où l'on voit le poids de la masse primitivement employée s'augmenter d'une quote-part et même doubler presque[2], n'auraient étonné personne au moyen âge ; l'alchimiste eût probablement passé ce détail sous silence, le jugeant inutile pour frapper l'imagination du lecteur.

Si l'on ne croyait pas à la constance du poids, croyait-on à celle de la masse ? On était certainement convaincu que quelque chose d'essentiel dans la matière, sa « substance », persistait à travers les modifications. Mais comme on avait, à juste titre d'ailleurs, dégagé le concept de matière du phénomène de la pesanteur, il devenait infiniment plus malaisé de donner à la matérialité un substrat quantitatif. Il serait pour le moins oiseux de rechercher si, en développant logiquement la doctrine d'Aristote, on eût pu néanmoins parvenir à une conception de la masse permettant la détermination d'un coefficient numérique. La vérité, c'est que le souci des rapports de quantité était absolument étranger à toute la

ment l'expérience dont on attribue généralement l'honneur à Van Helmont et par laquelle ce dernier entendait démontrer la transformation de l'eau en terre.

1. Wislicenus. *Die Chemie und das Problem der Materie*, Rectoratswechsel. Leipzig, 31, Okt. 1893 p. 24.

2. Cf. sur ces transmutations, Kopp, *l. c.*, vol. II, p. 176-177. Stahl n'est pas le célèbre chimiste, mais un homonyme.

philosophie des formes substantielles. Aussi ne trouve-t-on nulle part de tentative dans ce sens et, sans doute, la tâche étant bien plus ardue que celle qui consistait à dégager le principe d'inertie, il est naturel que, dès qu'il y eut progrès réel, il se soit accompli plutôt dans cette dernière direction.

Mais, dès qu'on s'écarte d'Aristote, le concept de masse se forme, Kepler en saisit le contenu essentiel[1] et, mieux encore, Descartes. Il est vrai qu'en toute occasion (comme par exemple quand il explique les lois du choc) Descartes affecte de parler de la *grandeur* des corps[2]; et cette expression ne laisse pas que de paraître troublante quand on se rappelle sa théorie de la matière. On sait que Descartes, tout comme les scolastiques — les plus grands révolutionnaires sont toujours conservateurs par quelque côté — était partisan du *plein*. L'étendue était pour lui l'unique attribut essentiel de la matière, la gravitation étant un phénomène secondaire qui demandait à être expliqué et qu'il expliquait en effet, par les mouvements d'une de ses substances élémentaires. Le poids, tout comme chez les scolastiques, est un accident. La quantité réelle de la matière est indiquée par le volume : « Lorsqu'un vase, par exemple, est plein d'or ou de plomb, il ne contient pas pour cela plus de matière que lorsque nous pensons qu'il est vide[3]. » Cependant Descartes, en réalité, distinguait parfaitement la masse du volume, en supposant que, pour les mouvements mécaniques, la quantité de son troisième élément comptait seule[4]. On pourrait croire qu'il concevait la proportionnalité de la masse (ainsi comprise) et du poids ; mais cette idée était loin de sa pensée, bien que dans la pratique il eût souvent fait usage du poids dans ce sens. En effet, le poids étant la conséquence d'un mouvement plus ou moins compliqué, la stricte proportionnalité aurait été l'effet d'un hasard, et même d'un hasard difficilement explicable. Il a d'ailleurs exposé ses idées à ce sujet dans la IVe partie des principes. Le titre du chapitre XXV porte : « Que leur pesanteur n'a pas toujours même rapport avec leur matière. » Ce n'est pas là, comme on pourrait le supposer, une simple répétition de la phrase que nous avons citée plus

1. Cf. à ce sujet Appendice III, p. 425-426.
2. DESCARTES. *Principes* IIe partie, cap. 46 ss.
3. ID. *Le Monde*, Paris 1824 p. 234.
4. ID. *Principes*, IIIe partie, cap. CXXI.

haut ; il faut prendre garde, en effet, que la matière dont il s'agit dans ce chapitre est la matière *terrestre*. C'est ce que confirme d'ailleurs le texte du chapitre en question ; il y est dit que « la pesanteur seule ne suffit pas pour faire connoistre combien il y a de matiere terrestre en chaque corps ». Ainsi « vne masse d'or vingt fois plus pesante qu'une quantité d'eau de mesme grosseur » pourrait bien contenir non pas vingt fois plus de matière, mais quatre ou cinq fois seulement « pource qu'il en faut autant soustraire de l'eau que de l'or, à cause de l'air dans lequel on les pese ; puis aussi pour ce que les parties terrestres de l'eau, et generalement de toutes les liqueurs. ainsi qu'il a esté dit de celles de l'air, ont quelque mouvement qui, s'accordant avec ceux de la matiere subtile, empesche qu'elles ne soient si pesantes que celles des corps durs ».

C'est bien parce qu'il s'agit de « matière terrestre » et non pas de matière en général, qu'il ne saurait plus être question d'assimiler sa quantité au volume. Il est à remarquer qu'au moment où Descartes écrivait, la pesanteur de l'air était déjà à peu près généralement reconnue. Gorlaeus [1], Carpentarius [2], Galilée [3] l'avaient supposée et Descartes lui-même s'en montre convaincu. Mais, on vient de le voir, cela ne suffit point pour lui faire concevoir cette idée, que la pesanteur est un attribut essentiel, immuable de la matière. C'est qu'il reste encore le feu, et cet élément-là, Descartes, tout comme les scolastiques, le croit dénué de poids. « Ostons-en la pesanteur », dit-il en cherchant à déterminer ce qui « constitue la nature du corps », « pour ce que nous voyons que le feu, quoy qu'il soit tresleger, ne laisse pas d'estre vn corps [4]. »

La conception de Descartes présentait, sur celle des anciens atomistes, l'immense avantage théorique de dissocier complètement les deux concepts de masse et de poids. Mais, bien entendu, la constance du poids devenait difficile à admettre. Descartes aurait probablement admis même des variations de la masse, puisque, en somme, ses divers éléments sont composés de la même matière.

Avant la publication des *Principes*, mais à un moment où l'autorité de Descartes commençait déjà à être reconnue,

1. Gorlaeus. *Exercitationes philosophicae*, etc. Leyde, 1620, p. 154, 332.

2. Carpentarius. *Philosophia libera*. Oxford, 1622, p. 66.

3. Galilée. *Alcuni scritti inediti*, etc., éd. Favaro. Bulletino di bibliografia. etc.. vol. XVI. Rome 1885, p. 28, 53, 95.

4. Descartes. *Principes*. IIe partie, cap. XI.

parurent les *Essays* de Jean Rey. Rey a-t-il été influencé par les anciens atomistes ? Cela se peut, car Lucrèce était assez lu à l'époque et, nous l'avons vu, une certaine tradition des théories atomistiques se perpétuait chez les médecins. Cette circonstance ne diminuerait d'ailleurs en rien le mérite de Rey, car ce qui chez Lucrèce n'était qu'inféré, secondaire, apparaît ici pour la première fois comme le « fondement inébranlable », le grand principe qui règle les modifications de la matière. D'ailleurs Rey ne rattache cet énoncé à aucune théorie particulière de la matière. Il tente une sorte de démonstration apriorique du principe. Elle tient en quelques lignes : « Soit prinse vne portion de terre, qui aye en soy la moindre pesanteur qui puisse estre, et au delà de laquelle n'en puisse subsister : que cette terre soit conuerti en eau, par les moyens cogneu et pratiquez par la nature : il est euident que cette eau aura de la pesanteur, puisque toute eau en doibt auoir : or sera-t-elle, ou plus grande que celle qui estait en la terre, ou plus petite, ou esgalle. D'estre plus grande ils ne le diront pas, (car ils professent du côtraire) et ie ne le veus pas aussi : plus petite, elle ne peut, veu que i'ay prins la moindre qui puisse estre : il reste donc qu'elle luy soit esgalle, ce que ie pretendais prouuer[1]. » Evidemment, la déduction est singulièrement faible ; elle repose surtout sur ce fait qu'il considère en grande partie comme donné ce qu'il s'agit de démontrer[2]. On croit presque deviner que Rey lui-même n'attachait pas trop d'importance à cette preuve. Par contre, il se donne beaucoup de peine pour établir que l'air est pesant et qu'il peut être *épaissi* par diverses opérations. C'est cet air épaissi qui, se mêlant à la chaux de l'étain (Rey semble avoir conçu l'accession de l'air et la formation de la chaux comme deux opérations distinctes[3]) accroît sa pesanteur, étant donné que toute autre cause doit être exclue, ainsi que Rey le démontre avec beaucoup de rigueur, en se fondant sur des expériences d'autrui et aussi sur les siennes propres[4]. En somme, au point de vue du principe de la conservation du poids, Rey établit que, dans deux cas particuliers où l'on pourrait le croire en

1. Jean Rey. *Essays*. Réimpression, Paris 1896, p. 49.

2. A remarquer que Rey savait fort bien que l'on admettait non seulement la diminution, mais encore l'accroissement du poids à la suite d'une opération chimique (cf. plus haut, p. 141, note 2.

3. Cf. notre travail sur *Jean Rey*. Revue Scientifique, VII, 1884, p. 302.

4. *Essays*, p. 100-129.

défaut, l'anomalie pourrait s'expliquer en supposant l'intervention de l'air ; et c'est plutôt, ainsi que du reste le titre l'indique, l'explication de ce phénomène particulier que le principe lui-même qui forme le véritable objet de cet opuscule justement célèbre auprès de la postérité, mais qui demeura complètement ignoré des contemporains.

Il n'est pas trop malaisé, semble-t-il, de se rendre compte pourquoi le clair exposé du médecin de Bazas eut si peu de succès. Sans doute, Rey était un homme inconnu, perdu dans un petit trou de province ; dans ce siècle où les communications épistolaires parmi les savants étaient particulièrement vives, il ne semble avoir été en correspondance avec personne en dehors de Mersenne : le P. Mersenne connaissait décidément tout le monde. Cependant il faut chercher les causes dans la doctrine elle-même. La chimie sortait à peine du brouillard semi-mystique des recettes alchimiques ; elle était entièrement dominée par la conception de l'élément de qualité : nous verrons plus tard quelle était la vitalité de cette théorie, et quelle défense elle était encore en mesure de fournir en réponse aux attaques vigoureuses de Lavoisier et de ses disciples, un siècle et demi plus tard, alors que le domaine des faits connus se trouvait immensément élargi. On comprend que dans ces conditions la théorie de Rey, où il n'était tenu aucun compte de la qualité, ait été écartée pour ainsi dire d'emblée par l'opinion des chimistes. Quant aux physiciens, ils devaient se trouver rebutés par ce fait que Rey, tout en ne formulant aucune théorie de la matière, se mettait en contradiction flagrante avec les deux théories qui se partageaient la direction des esprits à cette époque, dans une question où ces deux théories demeuraient d'accord : Aristote aussi bien que Descartes considéraient le poids comme une qualité accidentelle de la matière, alors que Rey revenait aux idées des atomistes anciens. Aristote et Descartes avaient d'ailleurs raison au point de vue logique, et en un certain sens les conceptions de Rey constituaient une véritable régression.

Les idées de Descartes finirent par triompher dans la science aussi bien que dans la philosophie. « Tous accidents autres que la grandeur ou l'étendue (des corps) peuvent être engendrés ou détruits », déclare Hobbes [1], et l'on voit que dans cette

1. Hobbes. *Elements of philosophy*, éd. Molesworth. Londres, 1835, p. 116.

théorie il n'y a pas de place pour la conservation du poids. Leibniz encore raisonne quelquefois d'une manière analogue. L'eau contient à volume égal autant de matière que le mercure, seulement à la matière propre de l'eau vient s'ajouter « une matière étrangère non pesante qui passe à travers ses pores » car, conclut-il, « c'est une étrange fiction que de faire toute la matière pesante[1] ». Cependant, Leibniz concevait avec beaucoup de clarté ce que nous désignons actuellement sous le terme de *masse*[2]; il serait peut-être exagéré d'affirmer qu'il l'ait « inventé[3] » ; mais il est certain qu'il l'a dégagé des brouillards dont il se trouvait enveloppé chez Descartes.

Huygens affirme nettement que c'est le poids qui mesure la quantité de matière[4]. Newton confirme par des expériences précises[5] que le poids est proportionnel à la masse, ce qui, du reste, ressortait déjà des expériences de Galilée[6]. Newton n'admettait pas de matière impondérable, mais bientôt après lui ce concept s'établit fermement dans la science, ce qui n'était pas pour favoriser l'éclosion du principe de la conservation du poids. Il est, en général, malaisé de se rendre compte quelle était la véritable opinion des physiciens des XVIIe et XVIIIe siècles au sujet de ce que nous appelons les phénomènes chimiques. Il y avait là un domaine mal connu, nous dirions presque mal famé, constitué par un amas formidable de faits à moitié mystérieux. Les physiciens ne s'y hasardaient pas volontiers, ou bien, s'ils en parlaient, le traitaient d'une manière tout à fait générale, sans s'occuper pour ainsi dire des constatations dues aux chimistes, ni surtout de leurs théories[7]. La méthode des uns et des autres était aussi totalement différente. Les physiciens suivaient la méthode mathématique, alors que les chimistes s'occupaient de la qualité seule. Robert Boyle est le seul homme de cette époque qui

1. LEIBNIZ. *Opera*, éd. Erdmann, p. 767.

2. Cf. Appendices I p. 407 ss. et III p. 425.

3. Cf. L. COUTURAT, *Sur le système de Leibniz d'après M. Cassirer*, Revue de métaphysique vol. XI 1903 p. 89.

4. HUYGENS. *De causa gravitatis*, *Opera reliqua*. Amsterdam, 1728, p. 106. « *Demonstrabo... gravitatem corporum praecise sequi proportionem materiae ex qua componuntur.* »

5. NEWTON. *Principes*, trad. DU CHASTELLET. Paris 1759, l. III prop. 6 p. 17.

6. Cf. BRILLOUIN. *Recherches récentes sur diverses questions d'hydrodynamique*, Paris 1891, p. 37.

7. Cf. KOPP, *Geschichte* vol. Ier p. 281.

fasse exception. A la fois grand comme physicien et comme chimiste, il cherche à réunir les avantages des deux méthodes. Il est très remarquable que Boyle, bien qu'il ne formule nulle part le principe, raisonne cependant constamment comme s'il admettait la conservation du poids [1]. Mais Boyle ne fit pas école ; après lui, la séparation entre physiciens et chimistes continua comme auparavant. C'est ce qui fait qu'il est difficile de dire si les physiciens de cette époque admettaient ou non la possibilité d'un changement de poids au cours d'une opération chimique. A tout bien considérer, on arrive cependant à concevoir qu'au moins ceux d'entre eux qui supposaient l'existence de matières impondérables, ne voyaient rien de choquant dans l'hypothèse de leur intervention dans les réactions chimiques et de modifications de poids consécutives.

Telle était, en effet, l'opinion générale des chimistes. L'impondérable dont ils faisaient le plus souvent usage n'était autre que le « feu élémentaire », le quatrième élément d'Aristote; le « soufre » de Paracelse en dérivait directement et aussi, plus tard, le phlogistique de Becher et de Stahl. A travers tous ces avatars, il lui était resté comme une sorte de privilège, c'est d'échapper aux considérations de poids. Encore à la veille de la révolution chimique de Lavoisier, l'idée que le phlogistique était un corps absolument léger, doué d'un poids négatif, ne paraissait pas autrement choquante. Cela se voit clairement à la manière dont est traitée cette supposition dans les notes qui accompagnent la traduction de l'*Essai sur le phlogistique* de Kirwan et qui, œuvre collective de la nouvelle et triomphante école, en constituent comme une sorte de bréviaire [2].

Cependant, au XVIIe siècle déjà, la pesanteur du feu avait été affirmée à peu près en même temps que celle de l'air. Carpentarius [3], Galilée [4] la supposent, de même que plus tard, Rob.

1. Boyle, *Works*, Londres 1744 vol. III, *New Experiments to make Fire and Flame ponderable etc.* p. 318, 342-352.

2. *Essai sur le phlogistique et sur la constitution des acides, traduit de l'anglais de* M. Kirwan ; *avec des notes* de MM. de Morveau, Lavoisier, de la Place, Monge, Berthollet et de Fourcroy. Paris 1788 p. 3.

3. Carpentarius, *l. c.*, p. 73-74.

4. Galilée, *l. c.* L'écrit publié M. Favaro appartient à la jeunesse de Galilée et semble refléter des opinions qui, à ce moment, étaient courantes dans certaines écoles d'Italie. On peut voir, par le *De motu* de Galilée (*Œuvres*, éd. Favaro, Florence 1890 ss., vol. I, p. 252) qui est également un écrit d'école, que cette affirmation de l'universelle pesanteur des corps se rattache directement à la réaction contre le péripatétisme.

Boyle[1]. Si, contrairement à ce qui se passa pour l'air, cette conception ne fut pas aussitôt généralement acceptée, cela tient sans doute à ce que la matière hypothétique que l'on désignait sous ce nom de « feu élémentaire » paraissait être d'une nature particulière. Cependant cette conception se répandit peu à peu. Au XVIII[e] siècle Duclos, Homberg[2] en étaient partisans et, chose remarquable, ceux qui professent cette opinion raisonnent instinctivement (tout comme Boyle) comme s'ils supposaient le principe de la conservation de la matière. « Dans l'analyse des corps inflammables, dit Berkeley après avoir commenté les expériences de Homberg, le feu ou soufre est perdu, et la diminution du poids indique la perte. Le feu ou *vinculum* disparaît, mais n'est pas détruit[3]. » Rien de plus correct aussi, à ce point de vue, que le raisonnement de Mussenbroek[4]. Il recherche, comme Jean Rey, la cause de l'augmentation de poids que subissent certains métaux quand on les chauffe. Il rejette l'hypothèse d'après laquelle cette augmentation proviendrait des « parties salines acides ou huileuses du feu ». En effet, l'augmentation a été constatée pour l'antimoine chauffé à l'aide d'un miroir ardent; or, les rayons du soleil forment le feu le plus pur. Donc, c'est le feu élémentaire lui-même qui doit être pesant. On pourrait, il est vrai, objecter que l'accroissement du poids est trop considérable; mais « on ne connaît pas le poids d'un rayon de soleil ». Ce sont là des opinions assez généralement répandues dans la seconde moitié du XVIII[e] siècle. Ainsi Diderot dira que « le feu de nos fourneaux augmente considérablement le poids de certaines matières, telles que le plomb calciné[5] ». Cependant, il faut prendre garde de s'exagérer la portée de ces raisonnements; ceux qui en usent ne les estiment pas, à beaucoup près, aussi péremptoires qu'ils nous apparaissent, et il est certain que des considérations basées sur la qualité, leur semblent primer de beaucoup les considérations de quantité. Kopp note que la plupart des chimistes, au XVIII[e] siècle, ne se donnent

1. Boyle, *l. c.* vol. III, p. 717.

2. On trouvera un bon résumé de la question telle qu'elle se présentait vers le milieu du XVIII[e] siècle, chez Mussenbroek, *Cours de physique expérimentale*. trad. Sigaux de la Fond. Paris 1769, vol. II, p. 371.

3. Berkeley, *Works*, éd. Fraser, Oxford, 1871, vol II. *Siris*, § 192. — Le Siris a paru en 1744.

4. Mussenbroek, *l. c.*

5. Diderot, *Pensées sur l'interprétation de la nature*, *Œuvres* Paris 1875, vol. II p. 28.

même pas la peine d'expliquer le changement de poids, tellement ce phénomène leur paraît dénué d'intérêt[1]. Stahl se contente de constater que le poids des métaux qu'on calcine augmente, « bien que » (*quamvis*) le phlogistique s'en aille[2]. D'ailleurs Stahl adopte l'opinion de Lémery, d'après laquelle le métal calciné et réduit ensuite pèse moins que primitivement[3]. Macquer encore, en 1778, considère ce fait comme hors de doute, sans d'ailleurs supposer le moins du monde, tout comme ses prédécesseurs, que cette constatation permette de conclure à une perte de la matière du métal[4] : c'est qu'apparemment il considère le poids comme une propriété purement accidentelle, susceptible d'être modifiée.

Rien de plus caractéristique au point de vue de cet état d'esprit que cette déclaration de Macquer, considéré à ce moment comme le plus autorisé parmi les chimistes français, à la nouvelle que Lavoisier allait s'attaquer à la théorie du phlogistique. Macquer avouait qu'il avait été inquiet un moment, mais il s'était tranquillisé sur le sort de cette théorie, ayant appris que Lavoisier puisait ses objections uniquement dans des raisons de quantité[5].

On sait que certains parmi les adversaires de Lavoisier, et dans ce nombre ses contemporains les plus illustres, Priestley et Cavendish, sont restés impénitents jusqu'au bout et, chose remarquable, Cavendish, qui pourtant dans ses expériences usait de la balance avec beaucoup d'attention, ne croyait manifestement pas à la conservation de la matière[6]. Mais nulle part la différence entre ces conceptions et les nôtres, le peu d'importance qu'on attribuait aux considérations de poids, la facilité avec laquelle on acceptait l'intervention de corps « impondérables » ne se manifestent peut-être aussi clairement que dans l'œuvre de l'homme qui, médiocre théoricien, fut probablement le « découvreur de faits » le plus prodigieux de cette merveilleuse époque. Pour Scheele, la chaleur est un composé de phlogistique et d'air du feu (oxygène). Il croit les deux composants pesants ; mais il n'en suppose pas moins qu'ils peuvent donner naissance à un corps impondérable. La

1. Kopp, *l. c.* vol. III p. 124.
2. *Ib.* p. 127.
3. *Ib.* p. 141.
4. *Ib. ib.*
5. *Ib.* vol. I p. 223.
6. Cf. Berthelot, *Lavoisier*, 2e éd, Paris 1902 p. 41 et 122.

chaleur « unie avec très peu de phlogistique » se transforme en lumière; mais surchargée d'une quantité plus grande du même phlogistique, elle devient air inflammable, c'est-à-dire hydrogène [1]. On peut encore apercevoir, chez Lavoisier lui-même, les traces de conceptions analogues. C'est ainsi qu'il considère les gaz, et surtout l'oxygène, comme résultant de la combinaison d'une matière pondérable avec un fluide impondérable, le calorique. Et ce n'est pas là une pure image. Berthelot a noté avec beaucoup de justesse que Lavoisier considérait réellement la chaleur comme un élément matériel constitutif des gaz et que la conception qu'il avait de ces derniers se confondait chez lui, par une série d'intermédiaires hypothétiques, avec celle des fluides impondérables [2]. C'est ainsi que, dans l'énumération des substances simples, la lumière et le calorique sont cités côte à côte avec l'oxygène et l'azote [3], et que la combustion apparaît comme une véritable substitution du calorique [4].

On peut dater l'instauration définitive du principe de la conservation de la matière du mémoire de Lavoisier sur le *Changement de l'eau en terre*, qui parut dans les Mémoires de l'Académie pour 1770, publiés en réalité seulement en 1773 [5]. Sans doute, le principe ne s'y trouve énoncé nulle part. Mais Lavoisier l'emploie implicitement, recherchant en première ligne les rapports de poids, traitant d'arguments sans réplique les considérations qu'il en tire. Dans le travail que nous venons de mentionner Lavoisier se propose de contrôler l'affirmation de plusieurs chimistes du XVIII[e] siècle, d'après

1. Berthelot, *l. c.*, p. 88 et 96.

2. *Ib.* p. 43, 97.

3. *Dictionnaire de chimie* de l'*Encyclopédie méthodique* (de Guyton de Morveau) vol. I p. 638. De même chez Lavoisier, dans les tableaux du *Traité élémentaire de chimie* (Œuvres, vol. I, p. 149, 152, 155, 157, etc.) le calorique apparaît, parmi les éléments, suivi de l'oxygène, de l'hydrogène, etc. La lumière n'est pas citée, mais dans le texte du même traité (p. 141), il est question de sa « grande affinité avec l'oxygène » et de ce qu'elle « se combine avec quelques parties des plantes et que c'est à cette combinaison qu'est due la couleur verte et la diversité de couleurs des fleurs ».

4. Lavoisier, *l. c.* p. 52. « Cette expérienee prouve, d'une manière evidente, qu'à un certain degré de température, l'oxygène a plus d'affinité avec le phosphore qu'avec le calorique ; qu'en conséquence le phosphore décompose le gaz oxygène, qu'il s'empare de sa base et qu'alors le calorique devient libre. » Cf. *ib.*, p. 65, 78, 141.

5. Lavoisier, *Premier mémoire sur la nature de l'eau*, etc. Mém. Acad. 1770 p. 73, *Œuvres* vol. II p. 1.

laquelle l'eau, par l'ébullition, se changeait en terre; on en donnait pour preuve que l'eau bouillie longtemps dans un vase de verre fournissait à l'évaporation un résidu terreux. Lavoisier fait chauffer de l'eau pendant cent jours, dans un appareil appelé *pélican*, où le produit de la distillation retourne dans le vase. Il s'était procuré une balance très précise et avait soigneusement relevé la limite des erreurs de cet instrument; il entoure son expérience de précautions multiples de nature à garantir l'exclusion de toute matière étrangère. Il pèse l'appareil vide et le repèse rempli d'eau ; il repèse aussi le tout après l'expérience et constate que le poids est presque rigoureusement le même; d'où une première conclusion, à savoir qu'il n'y a pas, dans ce cas, de matière du feu passant à travers le verre et se combinant avec l'eau[1]. Il vide l'appareil et relève la diminution du poids. Il rassemble le résidu que l'eau avait déposé pendant l'opération, y joint celui qu'il obtient par l'évaporation de l'eau : les deux ensemble se trouvent à peu près égaux à la perte de poids du pélican. Mais la divergence, cette fois, est beaucoup plus forte que la limite des erreurs de sa balance. En effet, le pélican n'a perdu que 17,4 grains, alors que les deux résidus ensemble pèsent 20,4. Lavoisier, très justement, attribue l'erreur à ce que l'eau a attaqué, non seulement la matière du pélican, mais encore celle des autres récipients avec lesquels elle fut en contact et conclut que le dépôt terreux provenait bien de ces vases. Etant donnée la faible quantité du dépôt, il ne peut le soumettre à beaucoup d'expériences. Toutefois, il en fait une qui ne laisse pas de le troubler quelque peu. La terre obtenue n'est pas fusible, comme l'est le verre à cette température. « J'avoue que cette dernière circonstance formerait une objection assez forte contre ce que j'ai rapporté dans ce mémoire, s'il était possible d'argumenter contre des faits. »

Grimaux relève cette coïncidence curieuse que Scheele, s'occupant du même problème, arriva à un résultat identique par une voie toute différente : analysant le résidu terreux, il

1. Nous avons vu (p. 149) que telle était, à cette époque, l'explication la plus ordinaire que les chimistes donnaient de l'augmentation du poids des métaux qu'on calcine. Lavoisier lui-même semble l'adopter dans le mémoire en question. « Les physiciens savent, en effet, que la matière du feu augmente le poids des corps dans lesquels elle est combinée » (*l. c.*, p. 16). Mais il se peut que le résultat de ses expériences sur l'eau lui ait inspiré des doutes sur la valeur de cette théorie et c'est ainsi que ce travail se rattache à la série des grands travaux sur l'oxydation.

y trouva de la silice, de la potasse, de la chaux, matières qui entrent dans la composition du verre, et en conclut que ces matières provenaient du vase [1]. Il n'est pas douteux que, pour les contemporains, la démonstration de Scheele était autrement convaincante que celle de Lavoisier; c'est Scheele qui se servait de méthodes appartenant véritablement à la chimie, alors que celles de Lavoisier paraissaient empruntées à un domaine étranger.

Dans les *Opuscules physiques et chimiques* parus en 1774 [2], Lavoisier, toujours par l'emploi de la balance, décide entre les deux théories rivales de Black et de Meyer. D'après le premier, la pierre calcaire, en se transformant en chaux, perdait un composant (que nous appelons aujourd'hui acide carbonique); d'après le second, elle acquérait au contraire un principe désigné sous le nom d'*acidum pingue* et qui provenait du feu. Lavoisier fait voir que la terre calcaire perd par la calcination une partie de son poids, qu'elle recouvre si elle se transforme de nouveau en chaux ordinaire [3]. Le même ouvrage contient le commencement des immortels travaux sur la combustion. Lavoisier, qui ignorait à cette époque l'existence de l'oxygène, découvert plus tard par Priestley, constate, en calcinant l'étain et le plomb en vase clos au moyen d'une lentille, que ces métaux augmentent de poids; c'était là, nous l'avons vu, une expérience ancienne. Mais Lavoisier découvre qu'il en est de même pour le soufre et le phosphore et, ce qui est plus important, il établit que volume de l'air subit une diminution d'un cinquième environ et que le poids de l'air disparu est à peu près identique à l'augmentation de celui du corps brûlé. D'ailleurs, comme il a pesé le vase avant et après l'opération et trouvé le poids à peu près identique (sauf une très légère augmentation qu'il attribue, avec justesse, au dépôt que le feu a formé extérieurement), l'hypothèse de l'intervention du feu élémentaire se trouve écartée et l'accroissement du poids ne peut provenir que de l'air.

Les contemporains eurent bien la sensation qu'il y avait quelque chose de nouveau dans ces considérations de quantité. « On verra, dirent dans leur rapport les commissaires de

1. Grimaux. *Lavoisier*. Paris 1899, p. 99.

2. Lavoisier. *Œuvres*, vol. I, p. 439.

3. Il est à noter que la perte de poids par la calcination de la chaux, établie par Black, n'avait pas empêché l'éclosion de la théorie de Meyer. Cf. plus bas, p. 307.

l'Académie (Trudaine, Macquer, Leroy et Cadet) que M. Lavoisier a soumis tous les résultats à la mesure, au calcul, à la balance, méthode rigoureuse qui, heureusement pour l'avancement de la chimie, commence à devenir indispensable dans la pratique de cette science[1]. »

Les nouvelles conceptions ne triomphèrent que lentement. Même après que la composition de l'eau fut connue et que Lavoisier put établir une théorie embrassant tous les phénomènes que nous comprenons actuellement sous le nom de « phénomènes d'oxydation », la résistance ne cessa point. Ni Scheele, ni Priestley, ni Cavendish n'adhérèrent jamais. Si l'on étudie les polémiques, on constate qu'il n'y est pour ainsi dire pas question du principe de la conservation de la matière. Mais il est certain que ce principe était en jeu. Les uns faisaient valoir des arguments de quantité, en affirmant implicitement que toutes autres considérations devaient leur céder le pas ; les autres mettaient en première ligne des arguments fondés sur la qualité, ce qui était dénier au principe la position dominante et par conséquent nier son essence même. Le triomphe final de la théorie de Lavoisier fut aussi celui du principe de la conservation de la matière.

Ce principe est-il d'origine empirique ? On l'a souvent affirmé, et John Stuart Mill notamment a formulé cette thèse avec beaucoup de clarté. D'après lui, la conservation de la matière nous est suggérée dès le début pour ainsi dire de nos observations par un grand nombre de phénomènes concordants, alors que d'autres, au contraire, paraissent la contredire. On a formulé l'hypothèse que ce principe serait non pas partiellement, mais entièrement vrai, et l'on a vérifié après coup. La vérification ayant réussi, le principe s'est trouvé établi, exactement comme toute autre loi expérimentale[2].

Littré s'est exprimé d'une manière analogue « L'axiome essentiel du matérialisme, c'est l'éternité de la matière, à savoir qu'elle n'a point eu d'origine et qu'elle n'aura point de fin. On sait que telle n'a point toujours été l'opinion des philosophes et qu'on a cru jadis aux créations et aux destructions de substances. Et en effet comment sommes-nous arrivés à cet axiome qui a maintenant un ascendant irrésistible sur notre esprit ? Par l'expérience, *a posteriori*[3]. »

1. Lavoisier, *l. c.* p. 663.
2. J. S. Mill, *A System of Logic*, etc. Londres, 1884, p. 163.
3. Littré. *La science au point de vue philosophique*. 3e éd. Paris 1873, p. 322.

L'historique du principe, tel que nous venons de l'esquisser, suffit, semble-t-il, pour établir que cette théorie est fort éloignée de la réalité. Quelles sont les expériences sur lesquelles se fondaient les atomistes anciens pour énoncer le principe? On serait fort empêché de le dire. Ils se contentaient d'affirmer que toute matière était nécessairement pesante, mais c'est là une thèse qui a besoin elle-même d'une preuve expérimentale; or cette preuve était impossible à fournir à l'époque, et rien ne démontrait certes, au moment où fut écrit le *De natura rerum*, que la théorie aristotélicienne de la légèreté absolue de certains corps fût inexacte. Les deux expériences, fort imparfaites, de Jean Rey peuvent-elles passer pour des preuves? Il suffit de parcourir les *Essays* pour se convaincre que rien n'était plus loin de la pensée de l'auteur que de les présenter comme telles. Le principe lui paraît établi avant toute expérience et il s'en sert ensuite pour élucider des phénomènes particuliers; à aucun moment il n'indique que la réussite de cette opération puisse être considérée comme une confirmation du principe, lequel évidemment, à son avis, n'en avait pas besoin. Lavoisier, nous l'avons vu, applique d'abord le principe sans le formuler. Dans ses écrits postérieurs, on le trouve quelquefois énoncé, avec beaucoup de netteté, cela va sans dire, comme tout ce qui émane de cet admirable esprit, fait de clarté et de précision. C'est ainsi que dans le *Traité élémentaire de chimie*, il remarque en passant qu'une « matière quelconque ne peut rien fournir dans une expérience au delà de la totalité de son poids » et que « la détermination du poids des matières et des produits avant ou après les expériences » est « la base de tout ce qu'on peut faire d'utile et d'exact en chimie ». Parfois il insiste un peu plus, en déclarant que « rien ne se crée ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature » et que « l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération[1]. » Mais à aucun moment il n'indique qu'il y a là un énoncé ayant besoin d'être démontré. Est-ce à dire qu'à cette époque la démonstration fût devenue inutile, puisqu'elle découlait implicitement de quantité de faits connus? Telle n'était assurément pas l'avis des contemporains, même des plus illustres, nous l'avons vu par l'exemple de Scheele. On pourrait encore supposer que Lavoisier se servait du

1. Lavoisier, *l. c.*, vol. I, p. 76, 251, 101.

principe comme d'une sorte d'hypothèse provisoire, « hypothèse de travail », se réservant de confirmer ou d'infirmer cette supposition au cours de ses expériences ; mais il suffit de parcourir ses œuvres pour se convaincre qu'il n'en est point ainsi, que, tout comme les anciens et comme Jean Rey, il applique le principe en toute certitude, ne doutant pas un seul instant que l'expérience ne doive le confirmer, que toute anomalie ne doive être qu'apparente et trouver son explication. Il lui arrive parfois, au cours d'une série d'expériences, de peser directement une matière dont il avait d'abord determiné le poids par voie indirecte. Il estime cette vérification utile car « il n'est jamais permis, en physique, de supposer ce qu'on peut déterminer par des expériences directes. » Mais il indique en même temps que la conclusion d'après laquelle le poids du corps en question devait être égal à la somme des poids de ses composants lui paraît « évidente » et « était facile à prévoir *a priori*[1] ». On ne peut même pas affirmer que le triomphe définitif du principe fût dû à des expériences très probantes. Prenons un travail postérieur de Lavoisier, un des plus justement célèbres, celui qui porte le titre *Expériences sur la respiration des animaux* etc.[2] Il a chauffé, pendant douze jours, 4 onces de mercure, dans un appareil contenant 50 pouces cubiques d'air commun. Au bout de ce temps il a constaté qu'un sixième environ de l'air avait disparu, alors qu'il s'était formé 45 grains de *mercure précipité per se* ou *chaux de mercure*. Les ayant soigneusement rassemblés, il les a mis dans une petite cornue en verre dont le col recourbé s'engageait sous une cloche remplie d'eau, et a procédé à la réduction. Il constate qu'il retrouve par cette opération « à peu près la même quantité d'air qui avait été absorbée pendant la calcination, c'est-à-dire 8 à 9 pouces cubiques environ » et qu'en ajoutant cet air (qui était ce qu'il a appelé plus tard de l'oxygène — il le qualifie d'air « éminemment respirable ») à celui qui avait été « vicié par la calcination du mercure », il rétablit ce dernier « assez exactement dans l'état où il était avant la calcination, c'est-à-dire dans l'état de l'air commun ». Il conclut que c'est là « l'espèce de preuve la plus complète à laquelle on puisse arriver en chimie, la décomposition de l'air et sa recomposition. » Il est évident cependant, par ses

1. Lavoisier, *l. c.*, p. 52-53.

2. Lavoisier *Expériences sur la respiration des animaux* etc., *Œuvres*. Paris, 1862, vol. II, p. 175 ss.

expressions mêmes (*à peu près, assez exactement*) qu'il n'a recherché, au point de vue quantitatif, qu'un accord tout à fait approximatif; nul doute que s'il avait constaté une légère dérogation au principe de la conservation du poids, il n'eût pas hésité à formuler des hypothèses auxiliaires, comme celles de l'attaque des vases accessoires ou du dépôt formé par le feu du charbon dans ses travaux antérieurs. Le fond de sa pensée, c'est, tout comme chez Jean Rey, que, si l'on admet le principe, les expériences en question ne le contredisent point expressément.

Quelle est, à cet égard, la situation actuelle? Depuis Lavoisier, la balance est devenue l'instrument de prédilection du chimiste; et l'on a pu dire — c'est par exemple l'avis de M. Ostwald[1], — qu'en un certain sens toute analyse quantitative accomplie par un chimiste constitue une vérification de la conservation de la matière. Cependant, il ne faudrait pas vouloir trop prouver. Ces analyses ne s'accordent généralement que tout à fait *grosso modo :* il est rare que dans une série d'opérations quelque peu compliquée on ne relève pas des déviations beaucoup trop considérables pour être attribuées aux instruments de mesure, ainsi que M. Ostwald est obligé de l'admettre[2]. C'est que les causes d'erreur sont nombreuses et difficiles à éviter. On le constate si l'on examine les travaux de l'ordre scientifique le plus élevé, qui ont servi à déterminer les poids atomiques des éléments. On sait quelle somme vraiment prodigieuse d'efforts Stas a dépensée pour parvenir à connaître l'équivalent de l'argent, base de toutes les déterminations ultérieures; or, on a reconnu depuis que les résultats de Stas étaient entachés d'une cause d'erreur et il serait téméraire d'affirmer que cette rectification doive être la dernière. Pour d'autres éléments, même des plus répandus et des mieux connus, les déterminations sont souvent encore tout à fait incertaines, ainsi qu'on peut s'en convaincre par les travaux des commissions qui se sont constituées dans ces derniers temps, précisément en vue de contrôler ces données et d'amener un accord[3]. Or, il ne faut point l'oublier, les analyses

1. Ostwald. *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*. 2e éd. Leipzig, 1891-93, p. 2.

2. *Ib.*

3. Cf. chez F. W. Clarke. Chemical News 86, 1902, le tableau comparatif des poids atomiques adoptés par la commission allemande et la commission internationale.

quantitatives reposent en dernière instance sur ces constantes si insuffisamment connues encore; le chimiste n'isole que très rarement les constituants d'une combinaison, il les amène dans d'autres combinaisons et détermine leur poids indirectement par des calculs dont les poids atomiques sont la base. La précision de ses résultats, dans le cas le plus favorable, ne saurait donc dépasser celle de ces données fondamentales.

Là où l'on s'est appliqué à vérifier directement et avec précision la conservation du poids dans les phénomènes chimiques, on n'est pas toujours arrivé à des résultats confirmant absolument ce principe. On sait que des anomalies ont été constatées, assez récemment, par M. Landolt[1]. Les résultats du chimiste allemand, quoique parfois contestés[2], paraissent avoir été accueillis en général sans trop de scepticisme par le monde scientifique[3].

Il ressort, semble-t-il, des données que nous venons de résumer brièvement, qu'à l'heure actuelle encore la certitude dont nous paraît revêtu le principe de la conservation de la matière est très supérieure à celle que comporteraient les expériences qui sont censées lui servir de fondement. Ainsi la théorie de John Stuart Mill et de Littré ne s'adapte ni à la genèse du principe dans l'histoire, ni à sa situation réelle dans la science contemporaine. Le principe de la conservation de la matière, comme l'a bien vu Maxwell, doit « reposer sur un fondement plus profond que les expériences qui l'ont suggéré à notre esprit[4] ».

Le principe serait-il donc apriorique ? Il semble que ce soit là l'opinion la plus répandue de nos jours parmi les savants et les philosophes, opinion tantôt nettement énoncée, tantôt implicitement affirmée. D'ailleurs, à l'encontre de ce qui nous est arrivé pour l'inertie, nous n'aurons pas à chercher longuement le fondement de cette opinion : tous ceux qui se sont

1. Cf. A. Heydweiller, Wiedemann's Annalen V, 1981, p. 394 ss. M. Landolt a publié plus récemment une série d'observations très minutieuses qui semblent confirmer ses résultats antérieurs (Sitzungsberichte der Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften, 1906, VIII). On y trouvera (p. 3 ss. du tirage à part) la discussion des résultats d'autres observateurs.

2. Cf. Lo Surdo, Il Nuovo Cimiento, juillet 1904, p. 45.

3. Ostwald, *Vorlesungen ueber Naturphilosophie*. Leipzig, 1902, p. 283.

4. Maxwell, *Whewell's Writing and Correspondence, Scientific Papers*, Cambridge, 1890, vol. II, p. 531.

appliqués à démontrer par l'*a priori* la conservation de la matière ont mis directement en jeu le principe de causalité, au point que, comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, les expressions mêmes des deux principes se confondent parfois. Cette différence dans la façon de traiter l'inertie et la constance de la matière se comprend du reste : la vitesse est un concept dérivé et très abstrait, alors que la matière est une notion de sens commun qui se trouve à la base de toute expérience.

Kant s'est occupé à plusieurs reprises de cette question. Elle se trouve même incidemment traitée dans la *Critique de la raison pure*. En élucidant le concept de substance, Kant, d'une façon assez curieuse, cite à peu près textuellement (mais sans en indiquer la source) le passage du *Démonax* de Lucien, rattachant ainsi sommairement le poids à la substance[1]. Il s'est expliqué avec plus de détails dans les *Premiers principes métaphysiques de la science et de la nature*. Il y formule en ces termes son « premier théorème de la mécanique » : « A travers toutes les modifications de la nature matérielle, la quantité de la matière reste au total la même, sans accroissement et sans diminution. » Dans la « démonstration » de ce théorème, Kant se sert de ce principe qu'il emprunte à la « métaphysique générale » que, dans toutes les modifications de la nature, la substance ne se crée ni ne se perd. Il établit ensuite que, pour la matière, la substance, c'est la quantité, la matière se trouvant d'ailleurs définie comme « ce qui est mobile dans l'espace » (*das Bewegliche im Raume*[2]). Dans le traité *De la transition des premiers principes métaphysiques de la science de la nature à la physique*, on voit comment Kant entend passer de cette notion à celle du poids. La jonction se fait à l'aide du concept intermédiaire de la « matière en tant qu'elle est douée de forces motrices[3] »: c'est le concept de masse des physiciens ; Kant y rattache immédiatement celui du poids et affirme qu'une « matière absolument impondérable serait une matière immatérielle, c'est-à-dire un concept contradictoire en soi[4]. » Cette brusque

1. KANT, *Kritik der reinen Vernunft*, éd. Rosenkranz und Schubert, Leipzig 1838, p. 156-159.

2. KANT. *Metaphysische Anfangsgruende der Naturwissenschaft*, Leipzig 1838 p. 404. Cf. *Premiers principes*, trad. ANDLER et CHAVANNES, p. 74.

3. Id. *Vom Uebergange von den metaphysischen Anfangsgruenden der Naturwissenschaft zur Physik*, éd. A. Krause, Francfort 1888, p. 9.

4. *Ib.* p. 6, cf. *ib.* p. 159.

transition s'explique par le fait que, pour Kant, l'attraction dans la proportion inverse au carré de la distance et par conséquent la gravitation dans sa conception la plus générale fait partie intégrante du concept de la matière[1]. C'est en somme, on le voit, une démonstration complètement apriorique. Il est juste d'observer que Kant semble avoir éprouvé quelques scrupules en ce qui concerne la transition entre la masse et le poids. Dans les *Premiers principes* il ne déduit la loi de l'attraction qu'avec certaines réserves, comme « une construction peut-être possible[2]. » Mais les passages de son œuvre postérieure que nous venons de citer prouvent que sa conviction s'est affermie plus tard[3].

Schopenhauer, qu'on a beaucoup cité à propos de cette question[4], n'a fait que suivre Kant; il a également déduit la conservation de la matière de la persistance de la substance, mais avec moins de clarté que son prédécesseur, se contentant d'affirmer que la substance n'est qu'un synonyme de la matière[5]. Il a cependant reconnu que la pesanteur est une « qualité occulte ». Mais telles sont aussi, d'après lui, toutes les forces fondamentales qui constituent la matière et dont la causalité garantit la persistance[6]. Whewell croit également pouvoir déduire directement la conservation du poids du principe de causalité ; il confond en effet masse et poids, et ce dernier concept, pour lui, fait partie intégrante de celui de substance[7].

1. Kant, *l. c.*, p. 153 « Ce qui est mobile dans l'espace est donné *a priori* comme attraction et répulsion, car autrement aucun espace ne pourrait être rempli. » Kant en déduit que la pondérabilité « appartient aussi bien à la métaphysique de la nature qu'à la physique et par là à la transition de la première à la seconde. » Cf. *ib.* p. 15 où cette attraction est définie comme s'exerçant dans la proportion inverse du carré de la distance.

2. Id. *Premiers principes* p. 52. Il affirme cependant le principe de l'attraction comme apriorique (p. 41, 50).

3. Kant est, en général, moins « dynamiste » dans l'*Uebergang* que dans les *Metaphysische Anfangsgruende ;* ainsi il n'attribue plus la cohésion à l'action d'une force d'attraction, mais à celle du milieu. Cependant, c'est à tort, à notre avis, que M. Rosenberger (*Geschichte*, vol. III p. 41-42) croit qu'il était parvenu à déduire de la même manière l'action de la gravitation. Au contraire, à ce point de vue, sa conviction semble être devenue plutôt plus absolue.

4. Cf. par exemple Ostwald, *Vorlesungen ueber Naturphilosophie*, Leipzig, 1902, p. 283.

5. Schopenhauer, *Ueber die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde, Werkle*, éd. Frauenstaedt, Leipzig, 1877, vol. I, p. 43-44.

6. *Ib.* vol. II, p. 95.

7. Whewell. *The Philosophy of the Inductive Sciences.* Londres, 1840, p. 30. — Cf. Maxwell, *Scientific Papers*, vol. II, p. 531.

Herbert Spencer s'est exprimé, avec beaucoup de force, dans le même sens : « Notre incapacité de concevoir que la matière devienne non-existante, est une conséquence de la nature même de la pensée... L'anéantissement de la matière est inimaginable pour la même raison pour laquelle la création de la matière est inimaginable, et son indestructibilité devient une notion (*cognition*) *a priori* de l'ordre le plus élevé, non pas une notion résultant d'un enregistrement longtemps continué d'expériences graduellement organisées en un mode de pensée irréversible, mais une notion donnée dans la forme de toutes les expériences quelles qu'elles soient. » Évidemment Spencer, en écrivant ces lignes, pensait non à la masse et au poids, mais à la causalité et à la substance; cependant le contexte indique clairement qu'il entendait établir ainsi le principe de la conservation de la matière dans le sens que lui attribue la science moderne; il était donc en recul sur Kant qui avait indiqué la nécessité d'une double transition entre substance, masse et poids. Par contre, il est curieux de constater que Spencer, qui écrivait à une époque bien plus éloignée de celle où le principe fut définitivement instauré (les *Premiers principes* de Kant ont paru à un moment où les polémiques autour des théories de Lavoisier n'étaient même pas encore complètement éteintes), a vu plus clairement la difficulté que cette supposition entraînait au point de vue historique. « Il sera sans doute considéré comme étrange, dit-il, qu'une vérité qui n'a été considérée comme incontestable que dans les temps modernes, et même alors par des hommes de science, puisse être considérée comme une vérité *a priori*, d'une certitude non seulement égale à celles que l'on classe communément sous cette rubrique, mais même supérieure. Classer parmi celles que l'on ne saurait concevoir une proposition que l'humanité autrefois affirmait généralement concevoir et que la grande majorité affirme concevoir même à l'heure actuelle, semble absurde. L'explication c'est que, dans ce cas comme dans d'autres innombrables, les hommes ont supposé qu'ils croyaient quelque chose qu'ils ne croyaient point[1]. »

Nous avons indiqué plus haut, à propos de l'inertie, les objections auxquelles se heurte une supposition de ce genre. Sans doute, la conservation de la matière n'a jamais été traitée d'absurde, comme le fut la persistance du mouvement recti-

1. Spencer, *First Principles*. Londres, 1863, p. 241.

ligne par Aristote. Mais des générations de savants et de philosophes ont avancé des opinions impliquant clairement la négation du principe. Peut-on dire que cette idée ne leur fut jamais suggérée? L'idée en elle-même est d'une grande simplicité et se déduit si directement du principe de causalité qu'elle se présente pour ainsi dire invinciblement à notre esprit. Nous avons vu d'ailleurs qu'à deux reprises au moins elle est apparue dans l'histoire des sciences, pour disparaître ensuite : le *De natura rerum* était très lu depuis la Renaissance et il serait étrange que personne n'y eût vu cette conception de la conservation de la matière; et il est tout aussi étrange que le livre de Jean Rey ait fait si peu d'impression, si l'on suppose que l'idée qui en fait le fond était réellement apriorique.

L'énigme disparaît si l'on considère ce qu'est en réalité la démonstration apriorique du principe. Elle est fondée entièrement sur la causalité. Or, ce que nous appelons ainsi n'est qu'une tendance, la tendance à maintenir l'identité de certaines choses dans le temps. Tout au plus pourrait-on dire que la tendance causale nous fait souhaiter que ces choses soient telles que nous puissions, sans trop de violence, les estimer essentielles. Mais nous avons vu que ce penchant est suffisamment fort pour vaincre au besoin toutes les résistances que notre esprit pourrait opposer à cet égard, au point de transformer en chose immuable, en substance, un concept dérivé et abstrait.

Il y a, au fond du principe de la conservation de la matière, trois notions distinctes : la matière, le poids, la masse. La matière est une notion de sens commun, notion complexe et qui synthétise un nombre infini de propriétés. Il est manifestement contraire à l'expérience, même la plus superficielle, de supposer la conservation de toutes ces propriétés. Donc, en affirmant la conservation de la matière, on ne postule que la persistance de certaines d'entre elles; et c'est pourquoi cette affirmation, quand on ne précise pas en même temps ce qui doit se conserver, ne saurait intéresser la science. Dans notre historique du principe, nous avons cru devoir passer sous silence des énoncés de ce genre, comme par exemple celui de Locke[1].

Toutefois, nous l'avons vu, parmi les phénomènes de la

1. Cf. Reid. *On the Human Mind*, *Works*, éd. Hamilton. Edimbourg, 1846, p. 136.

matière, ceux d'une certaine classe nous apparaissent, de par la tendance causale, comme jouissant d'une sorte de privilège : ce sont les phénomènes du déplacement que nous concevons comme étant simples, fondamentaux. De toutes les propriétés de la matière, la plus essentielle sera donc celle d'être cause du déplacement d'une autre matière : ce sera là le vrai critérium de la matérialité. Ainsi Lucrèce, afin de démontrer que l'air est une vraie matière, célébrera dans des vers d'une beauté impérissable l'action destructrice de la tempête[1]. Cette action que les corps exercent les uns sur les autres est susceptible d'être mesurée ; nous appelons masse le coefficient résultant de ces mesures et que nous pouvons rapporter à une unité arbitraire. Ces coefficients peuvent d'ailleurs s'ajouter les uns aux autres : la masse est, comme on dit, une propriété additive ; il nous semble tout naturel qu'une masse exerce une action qui est la somme de celles qui auraient été exercées par ses parties, et l'expérience confirme cette manière de voir. La masse nous apparaît donc comme mesurant la quantité de la matière : c'est sous ce nom que Descartes l'a introduite d'abord et depuis on se sert couramment de cette notion. On la retrouve chez Newton, chez Laplace, chez Poisson. Sans doute, comme l'a fait ressortir M. A. Gautier[2], on peut mesurer la matière d'après d'autres propriétés encore, par exemple par sa capacité calorique ou électrique, et les mesures qui en résulteraient seraient fort différentes. Mais si M. Mach, en se fondant sur des considérations analogues, entend proscrire ce terme de quantité de matière comme synonyme de masse[3], c'est bien parce que, en vertu de sa théorie, il méconnaît la précellence des considérations mécaniques. Il nous semble clair, au contraire, que la masse, expression mécanique de la matière, nous apparaît comme étant non seulement sa mesure, mais pour ainsi dire son véritable substrat.

Ainsi, cette tendance dont nous avons parlé plus haut et qui nous fait souhaiter que les choses persistantes soient essentielles, trouve ici sa pleine satisfaction ; et sans doute la persistance contribue de son côté à faire apparaître à nos yeux la notion de masse comme plus essentielle encore.

1. Lucrèce. *De natura rerum*, l. Ier, vers 278-298.

2. A. Gautier. *Les manifestations de la vie*. Revue générale des sciences, vol. VIII, 1897, p. 291.

3. E. Mach. *Die Principien der Waermelehre*. Leipzig, 1896, p. 425.

Observons cependant que ce concept de masse qui nous semble si important, notre esprit ne l'a pas saisi d'instinct et de prime abord, mais qu'il nous a, au contraire, paru entouré d'une certaine obscurité. Nous n'avons qu'à faire appel à nos souvenirs d'école pour nous convaincre qu'il en est ainsi; dans les manuels de physique élémentaire on tient généralement compte de cet état de choses, en ayant soin de faire bien pénétrer dans l'esprit du lecteur la distinction entre la masse et le poids. Tout récemment, un observateur attentif et compétent a constaté que l'esprit de ses élèves était pour ainsi dire réfractaire à la notion de masse, au point qu'il a cru devoir prôner un système d'exposition où ce concept ne serait pas traité de fondamental[1]. C'est ce qui explique que ce concept n'ait été dégagé que très tardivement et que la confusion entre la masse et le poids, qui faisait le fond même de la théorie des anciens atomistes, ait pu se produire encore au XIX[e] siècle, non seulement chez un métaphysicien comme Schopenhauer, mais encore chez un penseur aussi renseigné des choses de la science que Whewell. Une preuve curieuse de la facilité avec laquelle on confond ces deux notions nous est fournie par le fait que la législation dans les divers pays, entendant évidemment définir la masse (puisque la constante de gravitation ne présentait, à ce point de vue, aucun intérêt) a le plus souvent défini le poids[2].

Nous pouvons, semble-t-il, apercevoir la source profonde de cette difficulté. L'action par laquelle une matière en déplace une autre et qui nous apparaît comme fondamentale reste en même temps irrémédiablement obscure. Nous ne pouvons en réalité, nous l'avons vu, saisir le comment ni de l'action à distance, ni du choc. Dans les livres de mécanique on définit généralement la masse en faisant intervenir, d'une manière plus ou moins détournée, l'action à distance[3]. Il est certainement préférable de la définir par le choc, comme l'ont fait par

1. Clementitch de Engelmayer. *Sur l'origine sensorielle des notions mécaniques.* Revue philosophique 39, 1895, p. 517.

2. Cf. L. Poincaré. *La physique moderne.* Paris, s. d., p. 33-34, Lord Kelvin. *Sur le mouvement, etc.* Congrès international de physique de 1900, vol. II, p. 21.

3. On sait que Newton avait défini la masse par la densité. Cette définition est certainement inacceptable, comme l'ont fait ressortir MM. Thomson et Tait. Cf. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, p. 120.

exemple MM. Andrade[1] et Wulf[2]. Cependant la définition par le choc a quelque chose de malaisé : nous ne pouvons pas prédire exactement ce qui se passera après, car cela dépendra de l'élasticité des corps. Le mieux, sans doute, c'est de laisser dans l'indétermination la nature de l'action que les masses exercent les unes sur les autres et de se contenter de stipuler, comme l'a fait M. Mach, que si action il y a, si les corps se communiquent des vitesses ou des accélérations, cette communication se fait conformément à des coefficients immuables appelés masses[3] : l'indétermination ici n'est ni accidentelle, ni provisoire, elle est la manifestation de quelque chose de profond et d'essentiel.

Contrairement à ce que nous venons de constater pour la masse, le poids est une notion immédiate du sens commun ; mais c'est une notion purement empirique. Toute matière, c'est entendu, doit *agir;* mais peut-on affirmer que toute matière doit *graviter* vers toute autre matière? Il suffit de se rappeler, à cet égard, avec quel étonnement l'humanité a appris par les travaux de Newton qu'une force analogue ou identique à celle que nous appelons pesanteur sur la terre agit entre les corps célestes. Encore à l'heure actuelle, la gravitation nous apparaît comme une énigme à laquelle nous cherchons une explication. Or, en vue de cette explication, l'équation $p = mg$, loin de paraître nécessaire, prend au contraire toutes les apparences d'un paradoxe. La proportionnalité de la masse et du poids constitue, comme le dit M. de Freycinet, une « surprise[4] ». En réalité le poids devrait dépendre de la position des corps les uns à l'égard des autres[5]. Il est surprenant que dix cubes qui font équilibre à un poids donné étalés sur le plateau d'une balance, exercent le même effet quand nous les empilons les uns sur les autres et qu'ils se font mutuellement écran à l'égard de la terre ; et il est très

1. Andrade. *Les idées directrices de la mécanique*. Revue philosophique, vol. XLVI, 1898, p. 402.

2. Wulf. *Zur Mach'schen Massendefinition*. Wiedem. Annalen Spl. 1899.

3. C'est là aussi, semble-t-il, l'opinion de M. H. Poincaré (*La science et l'hypothèse*, p. 127). La définition de M. Duhem (*L'évolution de la mécanique*, p. 227) qui fait usage de la notion de travail, sans préciser comment ce dernier sera appliqué au corps, appartient à ce point de vue au même ordre d'idées.

4. De Freycinet. *Sur les principes de la mécanique rationnelle*, p. 26.

5. Cf. Maxwell. *Whewell's Writing and Correspondence*, *Scientific Papers*, vol. II, p. 532.

difficile de comprendre que la masse entière de la terre soit absolument perméable à l'attraction du soleil, ainsi que l'exige la théorie des marées. La gravitation semble, pour ainsi dire, ignorer l'espace intermédiaire et les obstacles qui y sont accumulés : nous retrouvons là cet aspect anti-spatial du concept qui nous avait frappé plus haut (p. 77 ss.).

L'association entre le poids et la masse apparaît aux physiciens comme purement fortuite, accidentelle[1]. C'est au point que M. Boussinesq[2], par une théorie curieuse qui compte M. Ostwald au nombre de ses partisans[3], a cherché à expliquer cette association par une sorte d'évolution de notre univers, évolution qui aurait eu pour conséquence d'éloigner toute matière où cette association ne se trouvait pas accomplie.

En imaginant l'éther, les physiciens ont été obligés de le douer de masse; il a été en effet créé pour agir, et la masse est le principe de l'action mécanique; mais l'éther n'a pas de poids, il est impondérable par définition : nous avons vu d'ailleurs que dans le passé aussi on avait eu recours à ces fluides impondérables et pourtant agissants, c'est-à-dire doués de masse. En spéculant sur la constitution de la matière, les physiciens ont souvent eu soin de ne pas séparer éther et matière pondérable par un abîme infranchissable : il y a là, nous le verrons plus tard, une tendance inhérente à l'esprit humain, tendance dont on peut suivre aisément les manifestations depuis Descartes, dont les divers éléments ont une même origine, jusqu'à Tait et Thomson qui constituent leurs atomes à l'aide d'anneaux d'éther. On ne peut donc pas dire que l'idée d'après laquelle la matière pondérable pouvait se résoudre en quelque chose d'impondérable ait jamais paru véritablement inadmissible, et à ce point de vue les nouvelles théories qui se rattachent à la découverte des corps radioactifs ont trouvé le terrain tout préparé.

C'est sans doute parce qu'ils confondaient la masse et le

1. Selon la théorie électrique de la matière, une variation du poids à la suite d'une réaction chimique n'aurait rien de surprenant. Cf. Rutherford, *l. c.*, p. 474. Il est à remarquer que M. J.-J. Thomson a cru devoir établir, par voie expérimentale, la proportionnalité du poids et de la masse pour certains corps radioactifs.

2. Cf. Guillaume. Revue générale des sciences, vol. VIII, 1897, p. 56.

3. Ostwald. *Vorlesungen ueber Naturphilosophie*. Leipzig, 1902, p. 180, 192.

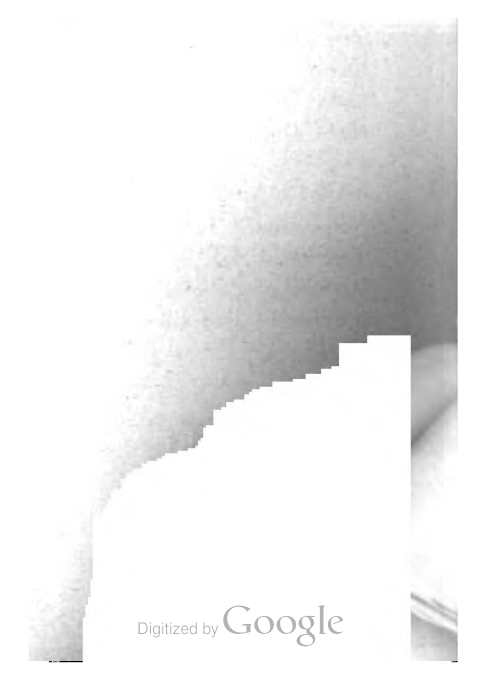
poids que les anciens atomistes étaient parvenus à concevoir la conservation du poids de la matière ; et inversement, nous l'avons vu, la dissociation entre les deux concepts, opérée par Descartes, a certainement contribué dans une grande mesure à empêcher les contemporains de Jean Rey d'adhérer à sa doctrine. Actuellement la masse et le poids sont de nouveau associés ; mais cette liaison n'a rien de logique, et toute tentative pour déduire *a priori* le principe de la conservation du poids serait certainement stérile. L'illusion contraire ne peut avoir sa source que dans la tendance causale; et c'est cette même tendance qui, chez les atomistes anciens, chez Jean Rey, probablement chez Lavoisier lui-même, et sûrement chez ses contemporains, a contribué à l'éclosion du principe, a permis de l'énoncer sans preuves comme une vérité évidente en soi, et a assuré sa domination.

Nous voulons la masse constante, comme toute chose; mais nous le voulons plus fortement parce qu'elle nous apparaît comme l'essence de la matière. C'est ce qui explique que dans la théorie électrique de la matière, où le concept de masse n'occupe plus la même position dominante, on ait pu faire abstraction de sa conservation. En effet, d'après M. Lorentz, les masses mécaniques ne seraient pas constantes, mais varieraient d'après les mêmes lois que les masses électro-dynamiques et ces variations deviendraient sensibles pour des corps animés de vitesses comparables à celle de la lumière[1]. D'après M. Gustave Le Bon, ce que nous appelons matière se composerait d'une sorte de matière primitive et pourrait, par dissociation, retourner dans cet état[2]. Dans le cas d'une dissociation de ce genre, nous serions empêchés de constater non seulement la conservation du poids, mais encore celle de la masse, étant donné que la matière, dans cet état, ne suivrait probablement pas le mouvement de la matière non dissociée. Dans ces conditions, la matière non dissociée serait donc destructible, et quant à la conservation de la matière dissociée, n'ayant pas de substrat numérique, elle redeviendrait ce qu'était le principe de la conservation de la substance, c'est-à-dire un pur postulat. Le fait seul que des théories de ce genre aient pu surgir suffirait, semble-t-il, pour démontrer, à

1. Cf. H. Poincaré. *L'état actuel et l'avenir de la physique mathématique*. Revue des idées, I, 1904, p. 811-812 ; Id., *La valeur de la science*, p. 196.

2. Le Bon. *L'évolution de la matière*. Paris, 1905, p. 70.

défaut d'autres preuves, que la conservation de la masse ne saurait être considérée comme une vérité apriorique; et l'ensemble des considérations que nous avons fait valoir tend, croyons-nous, à établir nettement qu'il s'agit d'une proposition plausible, tout comme le principe d'inertie.



CHAPITRE V

LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

La formule la plus générale de ce principe peut s'énoncer en ces termes : en toute modification d'un système isolé, l'énergie totale de ce système garde une valeur invariable[1]. Si l'on fait abstraction de la condition d'isolement, dont nous verrons tout à l'heure la portée, cette formule ressemble à celle de la conservation de la matière. Elle offre sur celle-ci l'avantage d'être plus précise : en effet, la matière est un concept très vaste, créé par le sens commun, alors que le concept d'énergie a été créé *ad hoc* par la science et présente par conséquent toute la précision voulue.

On peut définir l'énergie comme la capacité de produire un effet ou d'accomplir une œuvre, pour nous servir des termes de M. Duhem à qui nous avons emprunté la formule du principe. « La force absolue » (on sait que ce terme a longtemps désigné ce que nous appelons énergie), dit Leibniz dans son *Essai de dynamique,* « doit être estimée d'après l'effet violent qu'elle peut produire[2] ». Un projectile qui se meut avec une certaine vitesse peut, s'il heurte un obstacle, produire un effet déterminé : nous dirons qu'il possède une certaine énergie. Mais ce même boulet placé à une certaine hauteur au-dessus du sol pourra, en tombant, produire un effet analogue. Nous avons donc le droit, au point de vue de l'effet accompli, d'assimiler ces deux concepts si différents : le mouvement et la position, et de former le concept d'énergie de position, comme nous venons de former celui d'énergie de mouvement ou cinétique. L'énergie de position est qualifiée plus communément de *potentielle :* nous aurons l'occasion de revenir sur

1. Duhem. *L'évolution de la mécanique.* Paris, 1903, p. 227.
2. Leibniz. *Mathematische Schriften,* éd. Gerhardt, vol. VI, p. 218.

la signification ce ce terme. La somme des deux énergies, composant l'énergie totale du système, devra, de par le principe que nous avons énoncé, rester constante.

La conservation de l'énergie est le plus récent des trois grands principes mentionnés par nous; elle ne fut définitivement établie que vers le milieu du XIX[e] siècle. Toutefois, ses origines sont plus anciennes. Sans doute il ne pouvait en être question dans l'antiquité, puisque l'inertie elle-même, nous l'avons vu, y était inconnue. Quelques indications plus ou moins obscures relatives aux mouvements des bras d'un levier et à l'effet des corps qui tombent, que l'on trouve chez Aristote[1], peuvent seules être rapportées ici. Mais chez Galilée déjà nous trouvons d'importants commencements. Le grand physicien s'est rendu compte que, pour toutes les machines simples, le travail de la résistance égale celui de la puissance; il en conclut qu'on ne peut avec leur aide créer du travail. Par contre, comme l'a justement observé M. H. Poincaré dont nous suivons ici l'admirable exposé[2], il ne dit pas que le travail ne puisse être détruit; on ne peut donc pas prétendre qu'il ait affirmé la conservation de l'énergie pour les machines en question. Toutefois, dans un cas particulier, à savoir en ce qui concerne la chute des graves, Galilée a donné une formule qui conduit directement à ce principe.

C'est Descartes qui, le premier, a énoncé que quelque chose de défini, une grandeur déterminée, doit se conserver à travers les modifications que subit le mouvement des corps. C'est le principe de la conservation du mouvement. On sait que Descartes s'est complètement trompé en ce qui concerne l'expression de la grandeur même qui reste constante, il supposait qu'elle était égale au produit de la masse par la vitesse, au lieu du carré de la vitesse que nous posons actuellement : c'est là ce que Leibniz appelait, à bon droit du reste, son « erreur mémorable »[3]. Le mérite de Descartes, en cette matière, n'en reste pas moins très grand. C'est en suivant l'ordre d'idées indiqué par lui que Huygens et Leibniz sont parvenus à établir le principe des forces.

On attribue généralement cette découverte au second seul

1. Cf. ROSENBERGER. *Geschichte der Physik*, vol. I, p. 19.

2. H. POINCARÉ. *Thermodynamique*. Paris, 1892, pp. 2 ss.

3. LEIBNIZ, *l. c.*, p. 117. « *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii...* »

de ces grands savants. Mais il semble bien que Huygens l'avait énoncée avant lui. Seulement il la formulait en quelque sorte comme une pure proposition de géométrie, et sans en reconnaître la grande portée. C'est Leibniz qui l'a proclamée comme principe fondamental de la mécanique. C'est ainsi du moins que Jean Bernoulli, qui était presque contemporain et fort bien placé pour juger les choses, les a représentées[1].

Il est à remarquer que Descartes aussi bien que Leibniz jugeaient que les principes formulés par eux embrassaient la totalité des phénomènes de l'univers. « Dieu, dit Descartes, ne change jamais sa façon d'agir et conserve le monde avec la mesme action qu'il l'a creé... Et pour ce qu'il les maintient avec la mesme action et les mesmes loix qu'il leur a fait observer en leur creation, il faut qu'il conserve maintenant en elles toutes le mouvement qu'il y a mis deslors, avec la proprieté qu'il a donnée à ce mouvement, de ne demeurer pas tousjours attaché aux mesmes parties de la matiere et de passer des unes aux autres, selon leurs diverses rencontres[2]. » Leibniz s'est exprimé avec beaucoup de clarté dans le même sens. Ajoutons le passage suivant à ceux que nous avons cités plus haut à propos du principe de causalité (p. 16). « J'avais soutenu que les forces actives se conservent en ce monde. On m'objecte que deux corps mous, ou non élastiques, concourant entre eux, perdent de leur force. Je réponds que non. Il est vrai que les Touts la perdent par rapport à leur mouvement total, mais les parties la reçoivent, étant agitées intérieurement par la force du concours. Ainsi ce défaut n'arrive qu'en apparence. Les forces ne sont détruites, mais dissipées parmi les parties menues. Ce n'est pas les perdre, mais c'est faire comme ceux qui changent la grosse monnaie en petite[3]. » Jean Bernoulli développa les mêmes idées. Ayant formulé la loi de la « conservation de la quantité des forces vives », il ajoute : « Ce serait obscurcir cette loi que d'entreprendre de la démontrer. En effet, tout le monde regarde comme un axiome incontestable que toute cause efficiente ne saurait périr, ni en tout, ni en partie, qu'elle ne produise un effet égal à sa perte. L'idée

1. J. Bernoulli. *Discours sur les lois de la communication des mouvements, Œuvres.* Lausanne, 1742, vol. III, p. 58. — Leibniz a parfois l'air d'affirmer qu'il est l'auteur unique de la découverte et que Huygens l'a connue par lui. Cf. *Lettre à L'Hôpital, Mathematische Schriften*, vol. I, p. 320.

2. Descartes. *Principes*, II[e] partie, cap. XLII.

3. Leibniz. *Opera*, éd. Erdmann, p. 775.

que nous avons de la force vive, en tant qu'elle existe dans un corps qui se meut, est quelque chose d'absolu, d'indépendant et de si positif, qu'elle resterait dans le corps, quand même le reste de l'Univers serait anéanti. Il est donc clair que la force vive d'un corps diminuant ou augmentant à la rencontre d'un autre corps, la force vive de cet autre corps doit en échange augmenter ou diminuer de la même quantité; l'augmentation de l'une étant l'effet immédiat de la diminution de l'autre; ce qui emporte nécessairement la conservation de la quantité totale des forces vives; aussi cette quantité est-elle absolument inaltérable par le choc des corps[1]. » Tout comme Leibniz, d'ailleurs, Jean Bernoulli affirmait que la perte de force vive par le choc de corps imparfaitement élastiques ne pouvait être qu'apparente[2].

Ces déclarations furent bien comprises dans leur généralité, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par la manière dont en jugent au XVIII[e] siècle les hommes qui n'étaient pas des physiciens de métier, tels que A. de Haller[3] ou Voltaire[4].

Il semble paradoxal de prime abord que ces énoncés, où il n'est question que d'expressions purement mécaniques et d'où, en outre, le concept d'énergie potentielle est absent, puissent être en apparence aussi généraux que notre formule de la conservation de l'énergie. Mais, pour Descartes, il n'existait au monde d'autres phénomènes que les phénomènes mécaniques et Leibniz, on le sait, est sur ce point un pur cartésien. D'ailleurs, pour Descartes comme pour Leibniz, tout est masse et mouvement; il n'existe pas d'action à distance et par conséquent pas d'énergie potentielle; dès lors, la conservation de l'énergie de mouvement seule suffisait. Et bien qu'il ait naturellement supposé que la chaleur était un mouvement, Leibniz n'a certainement pas pensé, en parlant de la dissipation des forces, à la transformation de l'énergie mécanique en chaleur, mais à des mouvements purement mécaniques, quoique indiscernables, des particules.

1. J. Bernoulli, *l. c.*, p. 56. Le *Discours* a été imprimé à Paris en 1727.

2. Id. *De vera ratione virium vivarum*, etc., § IX, *ib.*, p. 243.

3. A. de Haller. *Elementa Physiologiæ corporis humani*. Lausanne, 1762, vol. IV, p. 557 : « *Cartesius et Leibnitius et plerique mathematici negant aut oriri in rerum natura motum novum, aut disperire : per circulum autem corpora impelli et se impellere, ut tantum de motu in aliqua parte universi dematur, quantum in alia videtur accedere.* »

4. Voltaire. *Œuvres*, éd. Beuchot. Paris, 1830, vol. XXXVIII, p. 500.

Dans le courant du XVIIIe siècle, le concept de chaleur-matière prévalut peu à peu sur celui de chaleur-mouvement. Cela résultait des principes de la physique newtonienne : le concept de la chaleur-mouvement, comme le remarque M. Duhem[1], y était un reste de physique cartésienne. Surtout depuis les travaux de Deluc, de Black et de Wilke[2], le triomphe de la première de ces théories sembla complet. Dès lors, la chaleur est traitée en véritable substance qui passe d'un corps à un autre sans que sa quantité (qu'on avait appris à mesurer) subisse une modification et qui, si elle cesse de se manifester à notre sensation et si le thermomètre ne la décèle pas, n'en continue pas moins d'exister dans un état particulier ; Black l'avait appelé l'état « latent », et ce concept de *chaleur latente*, c'est-à-dire ne se manifestant pas, mais susceptible de se manifester dans certaines conditions, appartient évidemment à la même famille que celui d'*énergie potentielle* dont fait usage la physique moderne. En effet, l'énergie qui a été mouvement et qui est susceptible de le redevenir ne se manifeste pas non plus comme mouvement tant qu'elle reste *potentielle;* tout comme pour la chaleur latente, nous sommes obligés de lui supposer un état particulier. On verra d'ailleurs plus bas que Lazare Carnot désignait comme *force vive latente* ce que nous appelons énergie potentielle.

L'invention et la rapide vulgarisation du moteur thermique ne changèrent en rien cette situation : ni Watt, ni ses successeurs ne considérèrent ces phénomènes au point de vue de la transformation de la chaleur en mouvement mécanique.

Cependant les idées de Leibniz, continuaient à fructifier, et, par une sorte de sous-courant lent et puissant, les conceptions dont l'ensemble constitue notre principe de la conservation de l'énergie s'élaboraient peu à peu.

Vers la fin du XVIIIe siècle Lavoisier et Laplace[3], complétant la pensée de Leibniz, rattachent la production de la chaleur par frottement à la conception de la chaleur-mouvement et définissent la chaleur comme la somme des produits de la

1. DUHEM. *Le Mixte*. Paris, 1902, p. 61.

2. Cf. ROSENBERGER. *Geschichte der Physik*, vol. II, p. 345-348.

3. LAVOISIER et LAPLACE. *Mémoires sur la chaleur*. LAVOISIER, *Œuvres*. Paris, 1862, vol. II, p. 285-286. Cependant les auteurs ne formulent ces suppositions qu'avec une certaine réserve, les présentant comme équivalentes, tout au plus, à la théorie de la chaleur-fluide. On sait d'ailleurs que Lavoisier inclinait manifestement vers cette dernière hypothèse (Cf. plus haut, p. 151).

masse de chaque molécule par le carré de sa vitesse, c'est-à-dire la « force qui résulte des mouvements insensibles des molécules d'un corps ».

Au commencement du XIXe siècle, Rumford et un peu plus tard Humphry Davy [1], à l'aide d'expériences directes qui ont un grand retentissement, démontrent la transformation du mouvement en chaleur. Fresnel, dans un ouvrage de vulgarisation, affirme nettement que « la quantité de forces vives qui disparaît comme lumière est reproduite en chaleur [2] ».

D'un autre côté, Lazare Carnot formule le concept de *force vive latente* [3], que Poncelet précise en l'appelant *travail* [4] — concept identique à celui que nous désignons actuellement comme *énergie potentielle*.

Dès lors, l'éclosion du principe est toute préparée. En 1839 un ingénieur, Séguin, dans un ouvrage sur la construction des chemins de fer, formule, pour ainsi dire en passant, des idées qui s'en rapprochent beaucoup [5].

Antérieurement à Séguin, le puissant esprit de Sadi Carnot avait clairement conçu le principe dans toute son étendue et calculé un chiffre pour l'équivalent mécanique de la cha-

1. D'après M. Poincaré (*Thermodynamique*, p. 28) l'expérience de Rumford n'était pas absolument concluante. On peut d'ailleurs voir chez Biot, *Précis élémentaire de physique expérimentale*, 2e éd., Paris, 1820-21, vol. II, p. 683, comment la science contemporaine s'accommodait de cette expérience.

2. Nous citons d'après Bohn, *Notice sur la théorie mécanique de la chaleur*. Annales de Chimie et de Physique, 4e série, vol. IV, 1865, p. 280. Nous n'avons pas réussi à retrouver le traité de Fresnel *Sur la chaleur*, qui n'a pas été compris dans l'édition de ses œuvres (Paris, 1866-1870).

3. Lazarre Carnot. *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Paris, an XI, 1803, p. 37.

4. Poncelet. *Introduction à la mécanique industrielle physique ou expérimentale*, 2e éd. Metz, 1841, § 138 : « L'eau renfermée dans le réservoir d'un moulin représente un certain travail *disponible*, qui se change en force vive quand on ouvre la *vanne* de retenue; à son tour, la force vive acquise par cette eau, en vertu de sa chute du réservoir, se change en une certaine quantité de travail, quand elle agit contre la roue du moulin, et celle-ci transmet ce travail aux meules, etc. qui confectionnent l'ouvrage. »

5. Séguin aîné. *De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire*. Paris, 1839, p. 382. « Comme la théorie actuellement adoptée conduirait cependant à ce résultat (sc. au mouvement perpétuel) il me paraît plus naturel de supposer qu'une certaine quantité de calories disparaît dans l'acte même de la production de la force ou puissance mécanique, et réciproquement; et que les deux phénomènes sont liés entre eux par des conditions qui leur assignent des relations invariables. »

leur. Mais ces découvertes, par suite de la mort prématurée du grand théoricien, sont restées enfouies dans ses notes manuscrites qui n'ont été publiées qu'en 1871 [1].

En dépit de tout, la théorie de la chaleur-matière restait dominante. Sadi Carnot, dans son célèbre opuscule paru en 1824, avait fondé ses recherches sur cette conception. « La production de la puissance motrice, dit-il, est due, dans les machines à vapeur, non à une consommation réelle du calorique, mais à son transport d'un corps chaud à un corps froid [2].

Le travail de J.-R. Mayer [3] paru en 1842 est la première en date des publications sur le principe de la conservation de l'énergie, dans son sens actuel. Les travaux de Colding sont à peu près contemporains de ceux de Mayer, mais ont été publiés un peu plus tard [4]. L'attention du monde savant ne fut attirée cependant que par les recherches expérimentales de Joule, dont la première publication date de 1843 [5]. Le travail de Helmholtz [6], publié en 1847 et qui donnait une interprétation mécanique complète du principe, contribua à assurer son triomphe.

La conservation de l'énergie est-elle une loi empirique ? Les physiciens ont quelquefois trouvé commode de la traiter comme telle; mais M. H. Poincaré, en procédant ainsi, a eu soin d'avertir le lecteur que cette conception n'est pas conforme à la vérité historique [7]. En effet il faut alors, négligeant complètement le développement que nous avons tenté de retracer, prendre pour point de départ les travaux de Joule, en les considérant, non pas comme une vérification du principe (ce qu'ils étaient en réalité), mais comme une démonstration

1. Cf. Poincaré, *l. c.*, p. 51. Ces notes ont été reproduites dans la 2e édition des *Réflexions*. Paris, 1878.

2. Sadi Carnot. *Réflexions sur la puissance motrice du feu*. Paris, 1903, p. 10. Dans les dernières pages de ce travail, Carnot exprime des doutes sur la légitimité de cette conception (cf. plus bas, p. 186). Ces réserves ont passé inaperçues.

3. J-R. Mayer. *Bemerkungen ueber die Kraefte der unbelebten Natur*. Liebig's Annalen, vol. XLII, 1842.

4. Cf. plus bas, p. 183.

5. J.-P. Joule. *On the Calorific Effect of Magneto-Electricity and on the Mechanical Value of Heat*. Philosophical Magazine, vol. XXIII. Londres, 1843.

6. Helmholtz. *Ueber die Erhaltung der Kraft*, 1847, reproduit dans *Wissenschaftliche Abhandlungen*, vol. I, p. 12 ss.

7. H. Poincaré, *l. c.*, p. 65.

expérimentale. Mais les résultats de Joule[1] s'y prêtent encore infiniment moins que ceux de Lavoisier pour la conservation de la matière. Les chiffres du physicien anglais varient dans des limites extraordinairement larges ; la moyenne à laquelle il arrive est de 838 livres-pieds (pour la quantité de chaleur capable d'accroître la température d'une livre d'eau d'un degré de l'échelle de Fahrenheit) ; mais les diverses expériences d'où est tirée cette moyenne fournissent des résultats variant de 742 à 1040 livres-pieds, c'est-à-dire de plus du tiers de la valeur la plus réduite, et il note même une expérience qui donne 587 livres-pieds, sans que d'ailleurs l'auteur y relève une source d'erreurs expérimentales particulièrement graves. Ce n'est que dans le post-scriptum de ce travail que Joule relate une série d'expériences donnant comme résultat 770 livres-pieds par livre-degré (Fahrenheit), ce qui se rapproche sensiblement de nos estimations actuelles. Si l'on considère d'ailleurs qu'à ce moment Sadi Carnot[2] et J.-R. Mayer[3] avaient déjà, chacun de leur côté, calculé l'équivalent de la chaleur, et étaient parvenus aux chiffres de 370 et de 365 kilogrammètres (ce qui est inférieur de plus d'un huitième à la valeur de Joule) il devient vraiment difficile de supposer qu'un savant consciencieux, en se fondant uniquement sur ces données expérimentales, eût pu arriver à la conclusion que l'équivalent devait constituer, dans toutes les conditions, une donnée invariable.

Depuis Mayer et Joule, des travaux très minutieux, en nombre considérable, ont été exécutés sur cette importante question. Les résultats n'ont pas toujours été tout à fait concordants, comme le constate M. Lippmann[4]. Sans doute, les physiciens arrivent à calculer une valeur moyenne et les écarts sont assez réduits pour qu'on puisse les mettre sur le compte d'erreurs d'expériences. Il n'en reste pas moins

1. Joule, *l. c.*, p. 437-439.

2. Cf. H. Poincaré, *l. c.*, p. 51.

3. J.-R. Mayer, *l. c.*, p. 240.

4. Lippmann. *Cours de thermodynamique*. Paris, 1889, p. 11 ss. On trouvera dans le rapport présenté au Congrès de physique de 1900 par M. Ames sur *L'équivalent mécanique de la chaleur* (vol. Ier) une discussion approfondie des travaux les plus remarquables sur cette matière. Sur 21 physiciens qui s'en sont occupés plus récemment. M. Ames écarte les résultats de 15 comme entachés d'erreurs trop grosses, et calcule ses moyennes d'après les résultats des six restants. Les limites maximum et minimum qu'il détermine présentent encore un écart de plus d'un 1/2 p. 100.

que cette explication est nécessaire, ce qui veut dire que les résultats immédiats des recherches ne conduisent pas directement à la constatation de l'invariabilité de l'équivalent.

Il est à noter que toutes les données relevées ci-dessus proviennent de travaux spécialement entrepris en vue de déterminer le rapport en question et exécutés dans certaines conditions très particulières, jugées les plus favorables au point de vue de la facilité de ces expériences, telles que, par exemple, les températures moyennes, etc. On ne peut pas, comme nous l'avons fait pour la conservation de la matière, invoquer ici les résultats d'expériences quotidiennes. Hirn a essayé de déduire l'équivalent à l'aide d'un grand nombre d'observations sur des machines à vapeur : il est arrivé à des chiffres variant entre 300 et 400[1] et ces résultats ont été considérés généralement comme remarquables, étant données les difficultés du problème.

Ces difficultés proviennent d'un fait physique primordial : bien plus que la matière, l'énergie tend à se dissiper et il est fort malaisé d'empêcher cette dissémination. La matière, depuis que nous avons appris à capter les gaz, est toujours et partout aisément saisissable. Il n'en est pas de même de la chaleur : nous ne connaissons pas de corps qui soit complètement imperméable à son action, et même le vide ne constitue qu'un isolateur imparfait. C'est ce qui explique que, dans la formule du principe de la conservation de l'énergie, on soit obligé de spécifier l'isolement du système. On fait tacitement la même réserve pour la conservation de la matière ; on ne l'énonce pas, le plus souvent, parce qu'elle est aisée à réaliser[2]. Nous savons cependant, depuis les travaux de Bunsen et de Berthelot, que les solides ne sont pas entièrement imperméables aux gaz[3] et MM. Warburg et Ch.-Ed. Guillaume[4] nous ont appris que, dans certaines conditions, le verre peut être traversé par du sodium ou du lithium. Nous n'avons qu'à nous imaginer cette perméabilité considérablement

1. Lippmann, *l. c.*, p. 35.

2. M. J. Perrin. *Traité de chimie physique*. Paris, 1903, p. 16, formule cependant expressément cette condition.

3. R.-W. Bunsen. *Ueber die Verdichtung der Kohlensæure an blanken Glasflaechen*. Poggendorf's Annalen vol. XX, 1883, p. 558. M. Berthelot. Comptes rendus de l'Académie des sciences, vol. CXL, 1905, p. 817, 1253.

4. Cf. W. Spring. *Propriétés des solides*, etc. Congrès de physique de 1900, vol. I, p. 421 et Dastre. *La vie et la mort*, p. 264.

accrue pour être obligés de formuler des réserves analogues[1].

Que devrait être en réalité une démonstration expérimentale valable de la conservation de l'énergie ? Il faudrait une série considérable d'expériences démontrant qu'à travers toute sorte de transformations, dans les conditions les plus diverses, les différentes formes de l'énergie se transforment l'une dans l'autre d'après des équivalents restant constants, dans les limites des erreurs des instruments de mesure. C'est, semble-t-il, à une démonstration de ce genre que pensait Helmholtz en 1847 quand, après avoir fourni la double déduction dont il sera question plus bas, il terminait en déclarant que « la confirmation complète de la loi doit être considérée comme une des tâches principales que la physique aurait à accomplir dans les années à venir[2] ».

Or, aujourd'hui encore, la tâche ainsi comprise ne peut être remplie. Il n'est même pas bien certain que, si nous pouvions très exactement mesurer toute l'énergie à nous connue et qui entre en jeu dans un phénomène quelconque, nous la trouverions vraiment constante; et ceci pour la raison bien simple que nous ne sommes nullement assurés de connaître toutes les formes de l'énergie. Pour affirmer le contraire, il faudrait que nous établissions entre les formes connues une relation d'où découlerait qu'elles sont les seules possibles. Or nous ne connaissons pas de relations de ce genre, ou plutôt celles que nous connaissons semblent indiquer qu'il doit y avoir de grandes lacunes dans notre savoir. Voici un faisceau de rayons solaires, c'est-à-dire de l'énergie de toute sorte qui nous vient du soleil, à travers l'espace ou le milieu semi-matériel dont nous sommes forcés de supposer l'existence. Nous faisons passer ces rayons à travers un prisme; ils se dispersent et forment le spectre lumineux. Mais ce faisceau, nous le savons, contenait aussi des vibrations d'une fréquence plus grande et d'autres d'une fréquence moins grande que celle des rayons lumineux. En deçà des rayons rouges, il y a des rayons caloriques; et au delà des rayons violets, les ultra-violets, accusés par l'action chimique, les corps phosphorescents, etc. Pouvons-nous affirmer qu'il n'y a pas de vibrations

1. Notons, pour éviter tout malentendu, que la conservation de l'énergie et celle de la masse ne deviendraient pas pour cela strictement analogues, l'énergie ne pouvant pas être conçue comme la propriété d'un corps (cf. plus bas, p. 191). Notre observation ne porte que sur la condition d'isolement.

2. Helmholtz. *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Leipzig, 1882, I, p. 67.

dans les rayons solaires, en dehors de celles que nous venons d'indiquer ? Cela n'est même pas probable. En étudiant la situation des parties explorées du spectre, telle qu'elle a été dressée par exemple par M. Ch.-E. Guillaume[1], on peut se rendre compte que celles-ci sont arbitrairement distribuées. On arrive à une constatation analogue en étudiant les rapports entre l'électricité et les rayons du spectre. Entre les oscillations électriques les plus rapides d'une part et les ondes les plus longues du spectre, il reste un intervalle égal à celui qui sépare les rayons ultra-violets et infra-rouges les plus distants.

A supposer que ces intervalles soient entièrement comblés, qui oserait affirmer qu'il ne peut y avoir de manifestations d'énergie en dehors de ces limites ? Nous sommes entièrement ignorants de la nature du phénomène fondamental que nous supposons, à l'heure actuelle, électrique et que nous assimilons à une ondulation. On ne saurait donc prétendre *a priori* que l'éther soit incapable de développer de l'énergie sous une forme toute différente.

En réalité, notre connaissance des formes de l'énergie tient à des causes purement accidentelles, à ce que nous possédons des organes des sens pour la perception de certaines d'entre elles, et que, pour d'autres, nous avons découvert, plus ou moins fortuitement, des phénomènes qui les rendent apparentes, tels que l'action des rayons ultra-violets sur certaines substances chimiques. C'est ainsi, comme le fait ressortir M. Le Bon, que pendant vingt-cinq ans on a manié les tubes de Crookes et ignoré les rayons de Rœntgen. On les ignorerait toujours sans les plaques photographiques et la phosphorescence[2]. Il convient de se rappeler, à ce propos, combien est peu ancienne la découverte de l'électricité. Elle nous apparaît certainement aujourd'hui comme une des formes primordiales de l'énergie, voire même comme la forme primordiale. Or, elle date des travaux de Gilbert, c'est-à-dire de trois siècles à peine. La seule expérience électrique qu'aient connue l'antiquité et le moyen âge — la propriété de l'ambre frotté — paraissait une pure amusette ; y rattacher le phénomène grandiose de la foudre eût semblé le plus étrange des paradoxes. Ne serait-il pas téméraire d'affirmer que l'avenir ne nous réserve point de surprises du même genre ? Les dernières découvertes

1. Ch.-E. Guillaume. *L'échelle du spectre.* Revue générale des sciences, X, 1899, p. 7 ss.

2. G. Le Bon. *L'évolution de la matière.* Paris, 1905, p. 120.

dans ce domaine, les ondes hertziennes, les rayons de Rœntgen, et la plus retentissante d'entre elles, celle des corps radioactifs, datent d'hier. On peut donc se demander légitimement si dans nombre de transformations il ne naît pas des formes d'énergie restées insoupçonnées jusqu'à ce jour; il est certain qu'en supposant même la constance de *E*, les résultats expérimentaux obtenus jusqu'ici et qui, nous l'avons vu, varient entre des limites relativement étendues, ne permettent pas d'affirmer que même les transformations que nous croyons fort bien connaître ne donneront pas matière à des découvertes de cette nature dans l'avenir.

Ainsi, tout comme pour le principe de la conservation de la matière, mais à un degré bien supérieur, nous constatons que la certitude dont nous paraît revêtu le principe de la conservation de l'énergie dépasse de beaucoup ce que sembleraient comporter les données expérimentales. Cette « position privilégiée » du principe a frappé très justement M. H. Poincaré[1]. Un autre maître de la physique contemporaine, M. Lippmann, en résumant les recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, s'exprime en ces termes : « Les écarts entre les diverses valeurs obtenues pour *E* sont toujours assez petits pour qu'on puisse les mettre sur le compte d'erreurs d'expériences... Une conséquence importante n'en découle pas moins de l'ensemble des déterminations qui ont été faites de *E*, c'est son invariabilité : il peut rester dans l'esprit quelque incertitude sur la véritable valeur de ce nombre, mais aucun doute n'est possible sur l'exactitude absolue du principe d'équivalence[2]. » Il est évident que si les expériences ne peuvent nous fixer sur la véritable valeur du nombre, elles peuvent moins encore nous démontrer qu'il est réellement invariable. Dès lors la conviction de l'exactitude absolue du principe doit provenir d'une autre source : nous avons vu que son historique concourt à cette démonstration.

De même que pour la conservation de la matière, l'aprioricité de la conservation de l'énergie a été proclamée par les

1. H. Poincaré, *l. c.*, p. VII. On peut ranger dans la même catégorie la déclaration suivante de M. Helm. *Die Lehre von der Energie, historisch-kritisch entwickelt.* Leipzig, 1887, p. 2 : « *Mancher hat daher wohl das Gefuehl, als sei die Unterlage eine unsichere, auf der das moderne Energiegesetz ruht und als habe seine Entwicklung leichtfertige Schritte gemacht.* » L'aveu est d'autant plus significatif qu'il émane d'un homme dont la doctrine exalte la portée du principe.

2. Lippmann, *l. c.*, p. 13.

philosophes au lendemain presque de la découverte de ce principe. Herbert Spencer, sous la forme un peu nébuleuse de la « conservation de la force » (*persistence of force*) combinée avec la « continuité du mouvement », lui prête un caractère axiomatique, tout comme à l'inertie et à la conservation de la matière[1]. Stallo constate également que la conservation de l'énergie « bien qu'elle n'ait été formulée que récemment à titre de principe scientifique distinct, est aujourd'hui universellement regardée comme ayant la même évidence et la même dignité d'axiome que l'indestructibilité de la matière ». Sans doute, Stallo semble rattacher cette opinion aux théories mécaniques; mais comme il ne la réfute pas dans la suite, contrairement à ce qu'il fait pour ces théories en général, on est amené à conclure qu'il approuve cette manière de voir[2]. M. Lasswitz croit pouvoir déduire *a priori*, par une voie un peu détournée, soit la conservation de l'énergie elle-même[3], soit au moins celle d'une fonction quelconque du mouvement[4]. Spir également tente de déduire directement la conservation de l'énergie de la nécessité d'une transmission du mouvement[5].

Bien entendu, c'est l'identité causale que nous retrouverons au fond de toutes ces déductions. Si Spencer déclare inconcevable que le mouvement, la force puissent être créés ou détruits, c'est qu'en son imagination il les a transformés en entités, en substances : c'est pour la même raison que Stallo croit sans doute que la constance de la masse et celle de l'énergie pourront conserver leur « dignité d'axiomes », alors que le mécanisme, sur lequel ces principes semblaient s'appuyer, se trouvera ruiné. La démonstration de M. Lasswitz revient également à affirmer *a priori* que *quelque chose* doit persister dans la transformation du mouvement — ce qui est, nous l'avons vu, la forme la plus exacte du principe causal.

Si nous examinons de plus près à ce point de vue les principaux travaux que nous avons énumérés en faisant l'historique du principe, nous nous rendrons compte de même que partout la causalité constitue le véritable ressort moteur.

1. Spencer, *l. c.*, p. 251 ss.

2. Stallo, *l. c.*, p. 10 ss.

3. Lasswitz. *Geschichte der Atomistik*. Hambourg, 1890, vol. II, p. 377.

4. Id. *Zur Rechtfertigung der kinetischen Atomistik*, Vierteljahrsschrift fuer wissenschaftliche Philosophie IX, 1885, p. 154.

5. Spir, *l. c.*, p. 424.

Descartes, on l'a vu, déduit son principe de la conservation du mouvement directement de « l'immutabilité de Dieu », c'est-à-dire de l'identité de l'univers dans le temps ; et c'est à propos de la conservation des forces vives que Leibniz donne précisément du principe de causalité la formule rigoureuse dont nous nous sommes servis dans notre premier chapitre. C'est qu'en effet on ne saurait trouver un exemple plus net et plus frappant de l'emploi de la notion d'identité dans le temps. Avec sa vigueur d'esprit et sa pénétration merveilleuses, Leibniz a vu clairement ce qu'il faisait et est allé droit au but. La cause et l'effet doivent être identiques, interchangeables. Or, cela n'est possible que si le produit de la masse par le carré de la vitesse reste constant. Donc, c'est bien cette expression qui se maintient à travers les phénomènes changeants et qui est la véritable mesure de la force.

J.-R. Mayer s'exprime ainsi, tout au début de son célèbre travail de 1842 : « Les forces sont des causes et par conséquent il y a lieu de leur appliquer pleinement le principe : *causa aequat effectum*[1]. » Il en déduit que les forces sont « des objets indestructibles, changeants (*wandelbar*), impondérables[2] » et il répète encore une fois : « Nous terminons nos thèses qui se déduisent avec nécessité du principe *causa aequat effectum*[3]. » Après quoi, à l'aide d'un calcul unique, il cherche à déterminer l'équivalent ; c'est là une preuve qu'il était sincère dans sa déduction, car ce calcul n'aurait aucun sens si Mayer n'était pas parvenu par une autre voie à la conviction que E devait être une vraie constante : on voit que cet argument s'applique aussi à Sadi Carnot qui paraît avoir également cherché à déterminer E à l'aide d'un calcul unique, probablement le même que celui de Mayer.

Colding raisonne comme Bernoulli : « Puisque les forces sont des êtres spirituels et immatériels, puisque ce sont des entités qui ne nous sont connues que par leur empire sur la nature, ces entités doivent être sans doute très supérieures à toute chose matérielle existante ; et comme il est évident que c'est par les forces seulement que s'exprime la sagesse que nous apercevons et que nous admirons dans la nature, ces puissances doivent être en relation avec la puissance spirituelle,

1. J. R. MAYER, *l. c.*, p. 233.
2. *Ib.*, p. 234.
3. *Ib.*, p. 239.

immatérielle et intellectuelle elle-même qui guide le progrès de la nature ; mais s'il en est ainsi, il est absolument impossible de concevoir que ces forces soient quelque chose de mortel ou de périssable. Sans aucun doute, par conséquent, elles doivent être regardées comme impérissables[1]. » Ainsi Colding estime qu'il suffit d'établir la haute importance de la notion de force, d'exalter pour ainsi dire le rang de cette notion, pour en déduire que la force doit être une *substance*, qu'elle doit se conserver. La forme quasi-théologique du raisonnement rappelle d'ailleurs celle de la déduction analogue de Descartes à propos de l'inertie (p. 130).

Joule semble, à première vue, procéder par induction. « Ayant démontré que la chaleur est engendrée par la machine magnéto-électrique... il devient très intéressant de rechercher si un rapport constant existe entre cette chaleur et la force (*power*) mécanique gagnée ou perdue[2]. » Rien, semble-t-il, de plus correct, au point de vue des principes du raisonnement *a posteriori*, que de poser le problème de cette manière. Seulement, une fois ces expériences instituées, comme leurs résultats étaient, nous l'avons vu, fort divergents, Joule, au lieu d'en conclure que ce rapport n'était pas constant, mais variable, a tiré une moyenne du tout et l'a proclamée comme la valeur réelle dudit rapport ; c'est donc qu'il était convaincu d'avance de sa constance.

D'ailleurs Joule a eu bien soin d'indiquer quelles étaient les sources de cette conviction. « Nous pourrions déduire *a priori*, dit-il dans un travail un peu postérieur, qu'une telle destruction absolue de force vive $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$ ne saurait avoir lieu, car il est manifestement *absurde* de supposer que les forces (*powers*) dont Dieu a doué la matière puissent être détruites par l'action de l'homme ou créées par celle-ci ; mais nous ne sommes pas réduits à cet argument seul, quelque décisif qu'il doive paraître à tout esprit dénué de préjugé[3]. » M. Mach, à propos de ce passage, observe plaisamment que Joule n'aurait sans doute pas consenti à soumettre son affirmation concer-

1. A. Colding. *Lettre aux rédacteurs du Philosophical Magazine sur l'histoire du principe de la conservation de l'énergie*, trad. Verdet, Annales de Chimie et de Physique, IVe série, vol. I, 1864, p. 467. Le travail original de Colding inséré dans les actes de l'Académie de Copenhague, 1843, ne paraît avoir jamais été traduit dans une langue plus accessible.

2. Joule, *l. c.*, p. 435.

3. Joule. *Scientific Papers*. Londres, 1884-87, p. 268.

nant Dieu à un synode religieux[1]. Mais ce n'est là évidemment qu'une boutade; le Dieu dont parle Joule n'a rien de commun avec la théologie : il est, comme celui de Descartes et de Leibniz dans quantité de passages analogues, comme celui de Colding dans l'extrait que nous venons de citer, un symbole de l'ordre général de la nature, et, dans le cas particulier, de l'immutabilité essentielle des choses, c'est-à-dire du principe causal.

Helmholtz, dans son travail de 1847, invoque, tout comme ses prédécesseurs, le principe causal[2] et dix ans plus tard encore. Faraday, en exposant ses idées sur la conservation de l'énergie, ne songe pas un seul instant à la traiter en loi expérimentale, mais fonde sa conviction sur l'égalité de la cause et de l'effet[3].

A côté de ces déductions purement causales, qui dominent incontestablement, on en trouve d'autres où la causalité semble moins directement mise en jeu. Elles appartiennent à deux types principaux : la démonstration par les forces centrales et celle qui est tirée de l'impossibilité du mouvement perpétuel : toutes les deux se trouvent formulées dans le travail de Helmholtz de 1847. La première consiste à supposer que tous les phénomènes du mouvement sont exclusivement régis par des forces émanant de centres et dont l'action se produit suivant des droites qui joignent ces centres deux à deux, d'après une loi qui ne dépend que de la distance;

1. MACH. *Die Principien der Waermelehre*. Leipzig, 1896, p. 261.

2. HELMHOLTZ. *Wissenschaftliche Abhandlangen*, p. 13. « Wir werden genoethigt und berechtigt... durch den Grundsatz, dass jede Veraenderung in der Natur eine zureichende Ursache haben muesse. » Plus tard Helmholtz, en ajoutant des notes à ce travail, a déclaré qu'il avait été trop influencé par Kant et que le principe de causalité n'était que l'hypothèse de la légalité de tous les phénomènes (Cf. p. 2). C'est la confusion bien connue, et l'on se rend compte aisément que le principe dont Helmholtz s'est servi pour affirmer qu'il fallait réduire les phénomènes à des forces immuables dans le temps, est bien celui de causalité. On voit aussi par la suite du passage (*ib.*, p. 68) que ce qui l'a induit en erreur, c'est la confusion entre les lois et les propriétés des corps : « Das Gesetz als objektive Macht anerkannt, nennen wir Kraft. » (Cf. plus haut, p. 28 ss.)

3. FARADAY. *On the Conservation of Force*. Phil. Mag. (4) XIII, 1857, p. 239, cf. ID. *Experimental Researches on Electricity*. Londres, 1839-1855, vol. II, §§ 2069, 2073. Il est curieux de constater que les violentes attaques de Tait contre J.-R. Mayer et Séguin accusés d'être « philosophes spéculateurs » et « métaphysiciens » (cf. par exemple TAIT, *Conférences*, Paris, 1856, p. 18, 73, 77) se retournent contre Faraday et même, nous l'avons vu, contre Joule.

la conservation de l'énergie peut alors être déduite par voie mathématique. Nous avons discuté plus haut (p. 63) la légitimité de cette hypothèse : nous avons vu qu'elle ne correspond point à la réalité des choses. Mais faisons abstraction pour le moment de ces objections; qu'est-ce que la supposition de corps ou de particules discrètes exerçant des forces immuables dans le temps ? C'est, nous l'avons vu, une forme de l'hypothèse mécanique, c'est-à-dire une conception purement causale, une image du monde créée de toutes pièces uniquement en vue de satisfaire notre tendance à conserver l'identité dans le temps. Au fond de cette démonstration il n'y a donc pas autre chose que l'identité entre l'antécédent et le conséquent, la cause et l'effet, tout comme chez Leibniz et chez Mayer.

L'impossibilité du mouvement perpétuel a été affirmée de bonne heure. Léonard de Vinci se sert de ce principe[1], et de même Cardan[2]. Galilée affirme qu'on ne peut créer un tel mouvement à l'aide des machines simples (voir plus haut p. 170). Toutefois, ce n'est pas là pour lui un principe indépendant, il le déduit des conditions du fonctionnement de ces machines. Un peu plus tard, Stévin se sert au contraire de cette impossibilité, qu'il considère comme évidente par elle-même, pour déduire les règles des machines. Stévin suppose une chaîne sans fin posée sur un triangle à côtés inégaux et dont la base est horizontale. Les deux parties de la chaîne, posées sur les côtés inclinés, doivent nécessairement se faire équilibre ; car la partie qui pend en bas, étant symétrique, ne saurait exercer aucune influence ; et si une des parties de la chaîne avait le pouvoir de tirer le système de son côté, comme, après ce mouvement, la même situation se reproduirait « ce mouvement n'aurait aucune fin, ce qui est absurde[3] ». Leibniz s'est servi de l'impossibilité du mouvement perpétuel pour la démonstration de la conservation de la force vive[4] et Huygens aussi en a fait usage[5]. Sadi Carnot la place également à la base de la démonstration de son prin-

1. Cf. Duhem. *Les origines de la statique*, p. 21.

2. *Ib.*, p. 58.

3. Stévin. *Œuvres mathématiques*, trad. Gérard. Leyde, 1634, p. 448. — Cf. Duhem, *l. c.*, p. 266 ss.

4. Cf. notamment Leibniz. *De legibus naturæ et vera æstimationes virium motricium. Mathem. Schriften*, vol. VI, p. 204 ss.

5. Cf. Lettre de Huygens, *ib.*, vol. I, p. 140.

cipe[1]. Helmholtz en 1847 a montré qu'il est possible d'en déduire le principe de la conservation de l'énergie.

Pour que la démonstration soit valable, il importe, bien entendu, que nous sachions exactement à quoi nous en tenir sur l'énoncé qui en forme la base ; est-ce une vérité apriorique ou une règle empirique ? Pour Leibniz, c'est un simple corollaire du principe causal : si le mouvement perpétuel était possible, l'effet serait plus grand que la cause[2]. Huygens s'exprime avec beaucoup de prudence ; l'impossibilité lui semble acquise pour des systèmes purement mécaniques ; mais il admet que pour d'autres « *physico-mechanice* comme en emploiant la pierre d'aimant, il y ait quelque espérance[3] ». Carnot considère également que le mouvement perpétuel est « démontré impossible par les seules actions mécaniques ». Mais, ajoute-t-il, « peut-on concevoir les phénomènes de la chaleur et de l'électricité comme dus à autre chose qu'à des mouvements quelconques des corps, et comme tels, ne doivent-ils pas être soumis aux lois générales de la mécanique[4] » ? Pour Helmholtz, c'est une vérité d'expérience ; l'impossibilité a été démontrée par l'infructuosité absolue des innombrables recherches, et solennellement proclamée à un moment donné par l'Académie des sciences de Paris[5]. L'opinion de Helmholtz est évidemment paradoxale. Il n'est pas tout à fait inconcevable, sans doute, que nous puissions parvenir, par l'expérience seule, à une proposition purement négative et très générale : tel est à peu près le cas du principe de Carnot

1. Sadi Carnot. *Réflexions sur la puissance motrice du feu*. Paris, 1824. Réimpression. Paris, 1903, p. 21.

2. Leibniz, *l. c.*, p. 204 : « docui ex contraria essentia sequi inæqualitatem causæ et effectus, imo motum perpetuum, quæ absurda videantur. » *Ib.* « nascitur motus perpetuus seu effectus potior causa. » p. 206 : « saltem negabunt quidem motum perpetuum seu effectum causa potiorem esse possibilem. » Cf. Couturat, Revue de métaphysique, XI, 1903, p. 89.

3. Leibniz. *Mathem. Schriften*, vol. Ier, p. 149.

4. S. Carnot, *l. c.*, p. 21, note.

5. Helmholtz. *Wissenschaftliche Abhandlungen*, p. 73. « *Uebrigens ist dieses Gesetz, wie alle Kenntniss von Vorgaengen der wirklichen Welt, auf inductivem Wege gewonnen worden. Dass man kein Perpetuum mobile bauen, das heisst Triebkraft ohne Ende nicht ohne entsprechenden Verbrauch gewinnen koenne, war eine durch viele vergebliche Versuche, es zu leisten, allmaehlig gewonnene Induction.*

« *Schon laengst hatte die franzoesische Akademie das Perpetuum mobile in dieselbe Kategorie wie die Quadratur des Zirkels gestellt und beschlossen, keine angeblichen Loesungen dieses Problem mehr anzunehmen. Das muss doch als der Ausdruck einer unter den Sachverstaendigen weit verbreiteten Ueberzeugung angesehen werden.* »

auquel nous sommes certainement portés à attribuer une formule négative. Mais ce principe découle immédiatement, sans qu'il y ait besoin d'interprétation, d'expériences que nous faisons pour ainsi dire sans cesse. Il n'y a rien de pareil pour le mouvement perpétuel ; l'observation quotidienne ne nous donne en aucune façon la conviction de son impossibilité, témoin précisément la foule innombrable des chercheurs[1]. On pourrait encore, à la rigueur, supposer qu'une expérimentation très vaste et entreprise selon un plan rigoureux, de manière à comprendre les phénomènes dans des limites très étendues, nous conduirait à une proposition de ce genre. Mais peut-on réellement assimiler à une telle expérimentation les recherches bien souvent extravagantes de ces inventeurs ? Personne ne s'est même jamais donné la peine de classer méthodiquement leurs travaux — la tâche serait d'ailleurs aussi ardue que stérile. Or, une série quelconque d'expériences entreprises sans succès ne saurait suffire pour démontrer l'insolubilité d'un problème, sans quoi beaucoup de grandes découvertes, la veille de leur réalisation, auraient pu être démontrées impossibles. L'humanité cherche probablement le vol dynamique depuis plus longtemps qu'elle ne cherche le mouvement perpétuel, ainsi qu'en temoignent des légendes qui se trouvent dans le folk-lore d'un grand nombre de peuples ; ces recherches ont été infructueuses jusqu'à présent, et personne pourtant ne songe à ériger en principe cette stérilité. Il est exact qu'un certain discrédit s'attache aujourd'hui aux recherches du mouvement perpétuel ; mais il s'en faut cependant de tout qu'un *consensus omnium* (un véritable sentiment catholique) se soit établi à ce sujet. On continue toujours à inventer le mouvement perpétuel, même par des moyens purement mécaniques, et ces tentatives ont quelquefois pour auteurs des esprits ingénieux et point entièrement dépourvus de culture technique, comme en témoigne par exemple l'invention dont le *Times* s'est occupé assez récemment[2]. Remarquons que le collaborateur du journal anglais, pour faire ressortir la stérilité de cette tentative, ne fait pas valoir les résultats négatifs du passé, mais la conser-

1. « Que la doctrine de la conservation de l'énergie ne soit pas évidente par elle-même, cela est montré par les tentatives répétées en vue de trouver le mouvement perpétuel. » MAXWELL, *La chaleur*, trad. MOURET. Paris, 1891, p. 187.

2. *Times. Engineering Supplement*, 19 avril 1905, p. 64.

vation de l'énergie; c'est là incontestablement le sentiment général, l'impossibilité du mouvement perpétuel s'appuie sur ce dernier principe, et non inversement. Ce sentiment est d'ailleurs conforme à la manière de voir des grands esprits dont nous avons cité les noms plus haut. Il ne saurait y avoir de doute pour Leibniz ; mais Huygens et Carnot, en affirmant l'impossibilité pour des actions purement mécaniques, songeaient sans doute au principe des forces vives ; peut-être Carnot pensait-il en outre à une déduction de la conservation de l'énergie par les forces centrales ; et très certainement l'impossibilité du mouvement perpétuel ne leur apparaissait pas comme un fait expérimental. La fameuse décision de l'Académie des sciences invoquée par Helmholtz ne saurait servir sa thèse, bien au contraire. Elle fut prise en 1775 ; l'Académie annonçait qu'à l'avenir elle n'examinerait plus « aucune solution des problèmes de la duplication du cube, de la trisection de l'angle ou de la quadrature du cercle, ni aucune machine annoncée comme un mouvement perpétuel ». Voici en quels termes l'*Histoire de l'Académie* rend compte des motifs de cette dernière décision : « La construction d'un mouvement perpétuel est absolument impossible : quand même le frottement, la résistance du milieu ne détruiroient point à la longue la résistance de la force motrice, cette force ne peut produire qu'un effet égal à sa cause : si donc on veut que l'effet d'une force finie dure toujours, il faut que cet effet soit infiniment petit dans un tems fini. En faisant abstraction du frottement et de la résistance, un corps à qui on a une fois imprimé un mouvement le conserveroit toujours ; mais c'est en n'agissant point sur d'autres corps, et le seul mouvement perpétuel possible dans cette hypothèse (qui d'ailleurs ne peut avoir lieu dans la nature) serait absolument inutile à l'objet que se proposent les constructeurs de mouvemens perpétuels[1]. » C'est encore, on le voit, la démonstration par la conservation de la force vive, fondée, comme chez Leibniz, sur l'égalité de l'effet et de la cause. Sans doute, dans l'idée de ses auteurs, cette résolution ne s'appliquait directement qu'aux mécanismes purs ; quelques-uns étaient probablement d'avis, comme Huygens, qu'en dehors de ces derniers, l'impossibilité n'était pas démontrée. En tout cas, c'est ainsi que cette résolution fut comprise du monde savant. On continua à chercher le mou-

1. Histoire de l'Académie Royale des sciences, année 1775. Paris, 1777, p. 61-65.

vement perpétuel et les chercheurs, comme le dit très justement M. Duhem[1], n'étaient pas tous des fous. De même, on accepta très docilement les idées de Volta sur l'électricité de contact, d'où pourtant découlait la possibilité de trouver un système susceptible de fournir indéfiniment de l'énergie électrique sans s'user et sans être surveillé, possibilité que le grand physicien italien a expressément affirmée[2]. En 1833 encore un physicien notable, Muncke, a maintenu, tout à fait dans le sens de Huygens, que le mouvement perpétuel physique était possible, en citant à l'appui le système planétaire, la rotation de la terre, les rivières, le baromètre et l'aiguille aimantée[3]. Et si, à l'heure actuelle, la conviction contraire est devenue générale, c'est, on n'en saurait douter, parce que tout le monde croit à la conservation de l'énergie[4].

Il nous reste pourtant la démonstration de Stévin. M. Duhem[5] pense que Stévin a puisé sa foi chez Cardan, c'est-à-dire dans des considérations sur la puissance nécessaire pour maintenir une machine en mouvement. Cela se peut, mais ne ressort pas de sa déduction, qui est directe et, incontestablement, d'une grande force démonstrative, bien que des contemporains, entre autres Mersenne, aient émis des doutes à ce sujet[6].

Il y a certainement des mouvements que nous sentons d'instinct impossibles, et chaque fois que l'on pourra, dans une démonstration, simplifier le phénomène suffisamment pour le ramener, par exemple, au type de « la pierre qui remonte par son propre poids » notre conviction sera acquise. Mais cette clarté qui nous semble parfaite tant qu'il s'agit de phénomènes simples, s'atténue immédiatement dès que ceux-ci se compliquent. C'est qu'il n'y a pas là de vérité de raison. La loi de la pesanteur elle-même est purement empirique. Comme nous voyons continuellement les corps tendre vers la terre, nous concevons qu'il y a là une règle générale, une loi.

1. Duhem. *Les origines de la Statique*, p. 279.

2. Cf. M. Le Blanc. *Les idées nouvelles sur la théorie des piles*. Revue générale des sciences, 10, 1899, p. 725.

3. Muncke. *Perpetuum mobile*, dans Gehler's *Physikalisches Woerterbuch*. Leipzig, 1833, vol. VII, p. 408.

4. M. J. Perrin. *Traité de chimie physique*. Paris, 1903, p. 77, déduit l'impossibilité du mouvement perpétuel du principe de la conservation de l'énergie.

5. Duhem, *l. c.*, 279.

6. *Ib.*, p. 298.

Mais cela ne nous fait pas comprendre ce que c'est que la pesanteur, nous ne parvenons pas à y reconnaître une nécessité logique, et notre raison refuse de se prononcer dès qu'on nous parle de circonstances foncièrement différentes de celles que nous connaissons. Au fond, le fait qu'un petit poids puisse en soulever un grand est tout à fait contraire à notre sentiment immédiat, et nous avons tous été choqués d'apprendre que ce résultat pouvait être obtenu à l'aide d'un bras de levier approprié. C'est ce qui explique qu'il y ait tant de gens cherchant toujours le mouvement perpétuel, même par des moyens purement mécaniques [1].

Ainsi la conservation de l'énergie, tout comme l'inertie, comme la conservation de la matière, n'est ni empirique ni apriorique; elle est plausible.

Cette vérité peut même être établie, sinon plus complètement, du moins plus directement pour l'énergie que pour la vitesse ou pour la masse.

D'abord, au point de vue historique, nous avons vu que la conservation est postulée avant même que le concept ne se précise. On *veut* que quelque chose se conserve, Descartes et ses contemporains l'affirment, tout en se trompant complètement sur la nature de ce qui se conserve. Il se peut que l'erreur soit d'origine expérimentale [2], mais il est certain que l'expérience de Mersenne qui fournissait le point de départ, à supposer même qu'elle fût exacte, n'autorisait pas, à beaucoup près, une généralisation aussi vaste. Il est tout aussi remarquable que, pendant toutes les discussions qui ont eu lieu au XVIIe et au XVIIIe siècle sur la question de la mesure de la force, mesure et conservation aient été absolument confondues. Si une force (nous disons une énergie) est susceptible d'exercer un certain effet, la force qui pourra exercer un effet identique devra être estimée égale à la première; mais il ne s'ensuit point que la force doive égaler son effet. Or, c'est au contraire cette seconde formule, comme il est aisé de s'en con-

1. M. Helm, bien qu'il ait aperçu clairement que l'affirmation de l'impossibilité du mouvement perpétuel n'est pas un énoncé purement empirique (*Die Lehre von der Energie*, Leipzig, 1887, p. 92), croit pouvoir néanmoins s'en servir comme base d'une démonstration *inductive* du principe de la conservation de l'énergie (*Ib.*, p. 41). A notre avis, les conceptions aprioristiques (*aprioristische Vorstellungen*) dont M. Helm admet l'intervention à propos du mouvement perpétuel se rapportent à la conservation de l'énergie; le premier de ces principes s'appuie sur le second et non inversement.

2. Cf. Rosenberger. *Geschichte*, vol. II, p. 95.

vaincre, qui est au fond des discussions dont nous venons de parler. Enfin, il est clair que la découverte de Mayer et de Joule ne faisait que substituer un concept de constance à d'autres, déjà préexistants, qu'elle détruisait par là même. Leibniz supposait indestructible l'énergie mécanique et, d'autre part, Deluc, Black et Wilke admettaient l'indestructibilité de la chaleur-matière. Ce que nous appelons le principe de la conservation de l'énergie a consisté à démontrer au contraire qu'aussi bien la chaleur que l'énergie mécanique, prises isolément, peuvent naître et périr, mais qu'alors la disparition de l'énergie mécanique est accompagnée de l'apparition d'une certaine quantité d'énergie calorique et vice versa.

On arrive à des conclusions analogues en examinant de près le concept de l'énergie tel que nous le trouvons dans la science actuelle. Le concept de la masse n'est que l'expression du rapport suivant lequel les corps agissent les uns sur les autres. Cette action, en réalité, est strictement déterminée, c'est l'action mécanique : le rapport serait tout différent si nous prenions pour base l'action électrique ou calorique. D'ailleurs, par suite du principe d'inertie qui exprime que l'état du mouvement du corps est indifférent, pourvu que ce mouvement soit rectiligne et uniforme, nous avons la possibilité, pour déterminer le rapport en question, de partir d'un état initial qui nous apparaît comme identique : le repos relatif. Enfin, une expérience incessante nous fait connaître les rapports entre tous les corps qui nous entourent et un corps unique, toujours le même, la terre. C'est ce qui fait que la masse nous apparaît non plus comme un rapport entre deux corps, mais comme un coefficient s'attachant à chaque corps en particulier, comme une propriété du corps, après quoi la causalité se charge de la transformer en substance. Mais il n'en va pas de même de l'énergie ; elle reste un rapport et si l'on veut la concevoir comme une propriété, ce sera la propriété d'un système et non pas celle d'un corps. Sans doute on trouve quelquefois, surtout dans des livres de vulgarisation, des expressions qui feraient supposer le contraire ; on dit par exemple que tel corps constitue un « réservoir d'énergie » ; mais c'est que l'on sous-entend une foule de conditions. Ainsi une masse de houille est susceptible, en brûlant, de dégager un nombre de calories connu. Mais si notre atmosphère était composée de chlore gazeux, ce rapport serait tout autre. Deux corps célestes déga-

geraient, en tombant l'un sur l'autre, une quantité d'énergie calorique que nous pouvons calculer; mais si ensuite il se produisait des réactions chimiques entre les composants de ces masses, cette chaleur s'accroîtrait d'un chiffre inconnu. Même en restant dans le domaine purement mécanique, nous ne parvenons point à rattacher l'énergie, comme propriété, aux corps : cette masse que je tiens dans ma main peut tomber sur le sol de ma chambre, dans la rue ou dans un puits que je peux m'imaginer aussi profond que je veux; je puis aussi me figurer qu'elle tombera sur le soleil qui, incontestablement, l'attire, et la somme d'énergie que dégagera chacun de ces phénomènes sera très différente. Il est impossible de jauger d'avance, en ne considérant qu'un corps et non pas un système, quelle est la somme d'énergie qu'il est susceptible de dégager; celle-ci est proprement infinie, même à l'intérieur de chaque corps, car nous n'avons qu'à supposer les corps composés de centres de forces pour qu'en faisant coïncider deux de ces centres, nous obtenions un travail infini. Lord Kelvin a introduit le terme d'*énergie intérieure totale* (*total intrinsic energy*) et bien des physiciens s'en sont servis à sa suite. Mais il faut se rappeler que cette grandeur est définie par rapport à un état considéré comme normal (*standard state*), elle est donc susceptible de prendre une valeur négative[1]. Hertz fait remarquer à juste titre que cette supposition serait absurde pour une véritable substance, celle-ci, bien entendu, ne pouvant être conçue que comme une grandeur positive, et que, dans ces conditions, l'énergie potentielle résiste à toute définition lui attribuant les propriétés d'une substance[2]. Pour notre imagination la matière est quelque chose de réel et l'énergie n'est qu'une intégrale.

Il y a d'autres difficultés, tout aussi graves. Nous avons supposé jusqu'ici que l'énergie se compose de deux quantités, à savoir l'énergie du mouvement ou cinétique, T, et l'énergie de position ou potentielle, U. Nous avons alors $T + U =$ constante. Mais cette décomposition ne s'applique en réalité qu'aux phénomènes purement mécaniques. Si au contraire nous devons tenir compte, en même temps, de l'énergie thermique, chimique ou électrique, il nous faut introduire un troisième terme, Q, pour représenter cette énergie interne,

1. Cf. à ce sujet Helm, *l. c.*, p. 35.

2. Hertz. *Gesammelte Werke*. Leipzig, 1895, vol. I, p. 25-27. M. Helm, *l. c.*, p. 16, exprime une opinion analogue.

et l'équation devra s'écrire $T + U + Q =$ constante. Pour que l'équation soit claire, il faut que les trois termes soient absolument distincts, c'est-à-dire que T devra dépendre uniquement du carré des vitesses, alors que U ne dépendra que des positions et sera indépendant de ces vitesses et de l'état des corps, et qu'enfin Q sera indépendant des vitesses et des positions des corps et dépendra exclusivement de leur état interne. Mais ce sont là des suppositions que l'expérience ne confirme pas. L'énergie électrostatique due à l'action mutuelle des corps électrisés ne dépend pas seulement de leur charge, c'est-à-dire de leur état, elle dépend aussi de leur position et de leurs vitesses. Dans ces conditions, nous ne pouvons plus faire le triage des termes T, U et Q, c'est-à-dire séparer les trois formes de l'énergie. Or, si $T + U + Q$ reste constant, il en sera de même d'une fonction quelconque $\varphi\,(T + U + Q)$. Si les termes T, U et Q étaient entièrement distincts les uns des autres, il y aurait, parmi toutes ces fonctions, une seule ayant une forme particulière et c'est celle-là que nous appellerions énergie. Mais si les termes dépendent des conditions que nous venons d'indiquer, cette forme particulière n'existe point. Dès lors, dit M. Poincaré à qui nous avons emprunté à peu près textuellement le développement qui précède, « nous n'avons plus rien qui puisse nous guider dans notre choix. Il ne nous reste plus qu'un énoncé pour le principe de la conservation de l'énergie : il y a quelque chose qui demeure constant[1] ».

C'est évidemment la formule la plus générale, la formule typique du principe de conservation ; elle montre clairement qu'il s'agit d'une tendance antérieure à l'expérience : ce quelque chose, nous ne le connaissons pas, nous ne pouvons pas en indiquer d'avance la nature, mais nous espérons qu'il demeurera constant dans le temps, nous l'exigeons. Le fait qu'un esprit aussi éminent que M. Poincaré, sans idée théorique préconçue et par simple désir de préciser la teneur du principe, soit arrivé à une formule de ce genre, fortifie, semble-t-il, singulièrement les conclusions auxquelles nous a amené notre analyse.

1. H. Poincaré, *l. c.*, p. IX. — Id. *La science et l'hypothèse*, p. 152-153, 158, 195.

CHAPITRE VI

L'ÉLIMINATION DU TEMPS

Nous avons vu dans ce qui précède le postulat de l'identité des choses dans le temps intervenir puissamment dans la science. C'est lui qui constitue pour ainsi dire de toutes pièces les théories atomiques, et c'est encore ce postulat qui nous pousse à souhaiter que des concepts déterminés, susceptibles d'être considérés comme des substances, se conservent à travers les phénomènes éternellement changeants; c'est cette *tendance causale* qui prépare les principes de conservation, les suggère et, une fois énoncés, leur prête une autorité qui les « rapproche de ces vérités dont le contraire est inconcevable » et qui fait qu'ils « offrent presque un caractère d'universalité et de nécessité métaphysique[1] ». Elle est assez puissante pour créer en nous des illusions contraires à l'évidence; elle nous fait accepter comme substances ce qui n'est à l'origine qu'un rapport entre deux termes limités, comme la vitesse, ou un concept impossible à définir clairement en sa totalité, comme l'énergie. C'est cet étrange prestige des principes de conservation qui explique que nous soyons enclins à en étendre démesurément la portée, jusqu'à faire coïncider leur énoncé avec le postulat causal lui-même : Rien ne se crée, rien ne se perd. C'est aussi à la même raison qu'est due l'obstination avec laquelle nous cherchons à maintenir ces règles, à écarter, à expliquer tant bien que mal les faits qui se révèlent dans la suite et qui semblent les contredire. M. Poincaré a observé cette tendance dont les théories ima-

1. A. Fouillée. *L'avenir de la métaphysique*. Paris, 1889, p. 18. — Hertz (*l. c.*, p. 11) a exprimé des idées analogues. D'ailleurs aussi bien M. Fouillée que Hertz ont vu que ce surcroît de prestige des principes de conservation devait provenir de ce que des éléments aprioriques s'y trouvaient implicitement contenus.

ginées pour expliquer l'action des corps radio-actifs fournissent un excellent exemple, étant donné surtout qu'il s'agit de la constance de l'énergie, conception dont la base expérimentale, nous l'avons vu, est bien peu solide.

Mais l'action du postulat ne se borne pas au mécanisme et aux principes de conservation ; il est aisé de s'apercevoir que son intervention dans la science est non seulement très puissante, mais encore incessante, qu'elle se manifeste partout, que la science en est pour ainsi dire imprégnée. C'est ce que nous verrons clairement en examinant la plus rationnelle des sciences physiques, la « mécanique rationnelle ». Elle mérite bien son nom, c'est la science la plus adéquate à notre raison et, nous allons le voir, la plus éloignée de la réalité.

L'identité parfaite entre la cause et l'effet, telle que la postule la tendance causale, impliquerait, de toute évidence, la possibilité de renverser le phénomène, c'est-à-dire de parvenir à l'antécédent en partant du conséquent. Cette « réversibilité », comme on dit en physique, n'implique point l'identité : je puis échanger une pièce en or de dix francs contre deux écus ou *vice versa,* d'où il suit que les choses ont même valeur, sont équivalentes, mais non pas qu'elles sont identiques. Par contre, l'identité implique certainement l'équivalence, c'est-à-dire la réversibilité.

C'est ce que nul n'a mieux compris ni plus nettement formulé que Leibniz. Rappelons ici le plus topique des passages que nous avons cités plus haut, sur les rapports entre les causes et les effets : « L'effet intégral peut reproduire la cause entière ou son semblable. »

En est-il réellement ainsi ? Nous n'avons qu'à consulter notre conscience intime pour répondre à cette question. Nous constaterons que nous avons le sentiment absolu que la nature suit dans le temps un cours immuable. Nous savons qu'aujourd'hui n'est pas pareil à hier, qu'entre les deux quelque chose d'irréparable s'est accompli : *fugit irreparabile tempus.* Nous nous sentons vieillir. Nous ne pouvons pas plus remonter le cours du temps que nous ne pouvons le ralentir ou l'accélérer. Un romancier de talent a récemment essayé de rendre pour ainsi dire tangible la supposition contraire et ses récits sont instructifs, à cause précisément de l'effet d'étrangeté qui s'en dégage. Encore M. Wells, en munissant son héros d'une machine qui lui permet de se déplacer dans le temps comme nous nous déplaçons dans l'espace, prend-il la

précaution de le faire voyager surtout dans l'avenir[1], qui nous paraît forcément indéterminé, à cause de notre ignorance. Mais supposons un déplacement dans le passé ; le héros de M. Wells, à la veille de la bataille de Hastings, avertira Harold du subterfuge médité par Guillaume et les Normands seront battus, ou bien il apprendra, le jour de Crécy, aux Français à mieux utiliser leurs canons. Ainsi le cours entier de l'histoire sera modifié ; mais il le sera aussi, en réalité, sans ces suppositions romanesques, car un individu qui s'ajoute modifie forcément l'état de l'univers au moment donné, il devient dès lors impossible que la suite soit telle qu'elle a été. Remonter dans le passé, c'est changer le passé, et cela nous paraît contradictoire.

Nous sentons aussi que non seulement l'univers entier, mais encore chaque phénomène particulier que nous y observons suit un cours déterminé dans le temps, a un commencement et une fin, et qu'il nous est impossible de nous le représenter dans l'ordre renversé. Nous n'avons qu'à penser à tous les événements de la nature organisée : la naissance des êtres, leur maturation, le dépérissement et la mort. Qui donc peut s'imaginer les fruits précédant les fleurs, le coq se transformant en œuf ? Mais il en est de même pour les phénomènes où, de prime abord, le fait de l'évolution nous paraît moins marqué ; tous se déroulent dans un certain sens et si, par hasard, nous les voyions se produire dans le sens inverse, nous en serions aussitôt frappés comme de quelque chose de contraire au cours de la nature. Nous pouvons, dans cette question, faire mieux que recourir à des imaginations comme celles de M. Wells : nous pouvons *voir* ce monde renversé. Pour ce faire, nous n'avons qu'à nous munir d'un cinématographe à y insérer un rouleau d'images représentant des phénomènes du mouvement — tels que le saut ou la chute d'un cheval, une goutte d'eau qui tombe dans un étang, la chute d'une masse de pierres ou de sable — et à tourner la manivelle en sens inverse. Il est impossible de dépeindre l'impression d'étrangeté qui se dégage de l'aspect de ces tableaux. Ce n'est même plus de la sorcellerie, c'est quelque chose de plus ou de moins, c'est un monde manifestement absurde et qui ne présente aucune analogie avec celui que nous connaissons.

Sans doute, si nous regardons ainsi une machine, un méca-

1. H.-G. Wells. *The Time Machine*. Leipzig, 1898.

nisme, l'impression ne sera pas la même : une locomotive aura l'air tout simplement d'être en « marche arrière », et ce phénomène ainsi retourné ne choque aucunement, semble-t-il, notre sensation de la réalité. Mais si nous observons la cheminée, nous verrons que la fumée, au lieu d'en sortir et de se dissiper, se forme au loin, s'approche, s'épaissit, et finalement s'y engouffre, phénomène qui certainement nous paraîtra impossible. Nous pouvons d'ailleurs nous rendre compte que même la ressemblance entre une partie du phénomène retourné et la marche arrière n'est qu'apparente et tient uniquement à l'imperfection de nos sens. Les diverses parties du mécanisme, si bien huilées qu'elles soient, frottent les unes contre les autres, de même que les roues frottent contre les rails; tout cela s'échauffe et la chaleur se dissipe dans l'air. Si nous pouvions *voir* ces ondes comme nous voyons la fumée, l'image renversée de la locomotive en marche nous choquerait tout autant que ce qui se passe à l'orifice de la cheminée.

Il est clair que l'observation que nous venons de formuler est tout à fait générale. Les mouvements stellaires semblent faire exception; nous sommes forcés en effet de supposer que le milieu dans lequel ils s'accomplissent n'offre nulle résistance; dès lors, il semble bien que le tout pourrait se retourner et que, douées de vitesse égale et de direction contraire, les planètes repasseraient, en sens inverse, par la même suite de périhélies et d'éclipses. Mais ce n'est probablement qu'une apparence : là où nous pouvons regarder le phénomène d'un peu plus près, l'illusion de réversibilité se dissipe. Ainsi, à l'égard de la terre, la vague des marées joue, comme on sait, le rôle d'un frein, elle tend à s'opposer à sa rotation et convertit une partie de l'énergie cinétique de ce mouvement en chaleur qui se dissipe ensuite. Sur la terre, en tout cas, il ne saurait y avoir de mécanisme absolument dépourvu de friction et, dès lors, il n'en existe pas de réellement réversible[1].

Il en va tout autrement dans la mécanique rationnelle : là tous les mouvements sont réversibles. Dès le début, à l'aide d'un postulat tacitement accepté, l'essence même du concept

1. Hertz (*l. c.*, p. 284), en distinguant entre systèmes « conservateurs » et « dissipateurs », a bien soin d'avertir que les premiers constituent une exception. Mais on se rend compte, d'après son exposé même, que le nombre des masses cachées et leur liberté étant infinis à l'égard des masses et de leurs coordonnées visibles, ces exceptions doivent être infiniment rares, c'est-à-dire ne peuvent se rencontrer dans la réalité.

du temps se trouve complètement dénaturée. Le temps mécanique ne s'écoule plus, uniformément, toujours dans la même direction; on peut au contraire s'y mouvoir librement, dans la direction voulue, comme nous faisons dans l'espace. C'est ce que Lagrange a sans doute senti en affirmant que le temps pouvait être considéré comme une quatrième dimension de l'espace. C'est un énoncé qui frappe par son étrangeté: nous avons, en effet, la sensation immédiate qu'il n'en est pas ainsi et cette sensation, nous l'avons vu, est justifiée, car il n'y a pas de parallélisme réel entre nos concepts du temps et de l'espace. Mais, dans la mécanique rationnelle, le temps est en effet quelque chose d'analogue à l'espace. Là, l'effet peut réellement « reproduire la cause ou son semblable », selon le postulat de Leibniz.

M. H. Poincaré a émis cette ingénieuse supposition que la forme de notre mécanique est due à l'influence de la mécanique céleste, science qui s'est trouvée achevée la première et qui a frappé les esprits par sa belle ordonnance; les mouvements des corps célestes nous apparaissant, nous venons de le voir, comme réversibles, on s'expliquerait que la mécanique rationnelle fût fondée sur la même hypothèse. Sans vouloir nier cette influence, qui a certainement raffermi les convictions et poussé à la méconnaissance des conditions réelles, nous croyons cependant que la cause a été plus profonde. Nous y voyons une manifestation évidente du principe de causalité, de la tendance générale qui est en nous et qui nous porte à postuler l'égalité entre l'antécédent et le conséquent.

Ayant ainsi, dès le début, transformé la nature intime du temps à l'aide d'un postulat audacieux, la mécanique rationnelle fait ensuite tous ses efforts pour le faire disparaître complètement des énoncés. Au début des développements, on est souvent obligé de poser des modifications en fonction du temps, mais le souci permanent, quoique souvent inconscient du savant, est d'éliminer cette variable dans la suite, de ramener ce qui est variable dans le temps à ce qui est constant. Nous avons vu, par le passage que nous avons cité au chapitre premier (p. 27), que Cournot avait clairement conscience que la science impose cette réduction. Hertz a été du même avis. « Nous considérons, dit-il, comme la tâche de la mécanique de déduire, en partant des propriétés de systèmes matériels indépendantes du temps, les phénomènes produits par ces derniers et s'écoulant *dans* le temps, ainsi que les pro-

priétés de ces systèmes dépendant du temps[1]. » Là où le grand physicien s'est abusé, c'est quand il a cru que la simple recherche de règles empiriques, de lois, suffit pour nous pousser à ces déductions. Cette conviction est chez lui la conséquence logique de son système. Hertz, on le sait, a voulu faire complètement abstraction de la notion de force, en réduisant la mécanique à la masse et au mouvement. Les masses sont rattachées les unes aux autres et surtout à des masses cachées par des liaisons rigides (*starre Verbindungen*). Hertz conçoit l'existence de ces liaisons comme une loi, et les lois ne variant pas dans le temps, les liaisons doivent en être indépendantes[2]. Mais ces mêmes liaisons lui apparaissent aussi comme des propriétés, d'où il conclut, comme nous venons de le voir, que la recherche de la loi conduit à celle de propriétés indépendantes du temps. C'est là évidemment une simple conséquence de l'erreur dont nous avons expliqué les origines au chapitre premier (p. 28 ss.). M. Ostwald, qui part de principes tout à fait opposés à ceux de Hertz, puisqu'il considère comme radicalement impossible toute réduction des phénomènes naturels au mécanisme, affirme cependant aussi que la recherche des lois se ramène à celle d'un « invariant, c'est-à-dire d'une grandeur qui demeure invariable quand toutes les autres varient entre les limites possibles » et l'on voit par le contexte, où M. Ostwald cite comme exemple de ces invariants la masse et le poids, qu'il pense surtout à des concepts restant immuables dans le temps et susceptibles de nous apparaître comme des êtres, des substances[3]. Mais ceci exige une analyse un peu plus approfondie.

Nous avons vu (chap. I, p. 25 ss.) que la science purement légale ne traite pas d'une manière identique les choses et les lois par rapport au temps; ces dernières sont supposées immuables, alors que les premières peuvent varier. La science légale ayant pour but la prévision, c'est la variation de l'objet dans le temps qu'elle doit, semble-t-il, étudier en première ligne, et la forme la plus naturelle de la loi est celle qui nous indique l'évolution du phénomène en fonction du temps comme variable indépendante. Nous avons cité au chapitre premier des exemples de lois de ce genre. Reprenons

1. *Ib.*, p. 162.

2. *Ib.*, p. 90, 161, 199, 202.

3. OSTWALD. *La déroute de l'atomisme contemporain*. Revue générale des sciences, vol. VI, p. 954.

celui des corps radioactifs, particulièrement instructif en ce que le phénomène paraît primordial, et qu'il semble que sa variation dans le temps soit entièrement indépendante de toute autre circonstance. Ainsi, en formulant : en 3,70 jours la radioactivité de l'émanation du radium est réduite de moitié, nous stipulons un changement dans le temps et en fonction du temps. Nous affirmons que, s'il nous arrive d'observer quelque part ce corps qu'on appelle l'émanation du radium, il ne pourra pas rester le même pendant deux moments consécutifs, mais devra se modifier de l'un à l'autre d'une manière déterminée. A travers ce changement du corps, quelque chose reste-t-il constant ? Assurément : ce qui reste constant, c'est la loi selon laquelle se produit le changement ou, si l'on aime mieux, le rapport entre ce changement et le temps. Il n'y a nulle contradiction entre cette constance et le changement continuel que nous avons stipulé pour le corps, ou plutôt la constance même du rapport inclut le changement, étant donné que le second terme du rapport est le temps et que le temps, par essence, s'écoule toujours et uniformément dans la même direction.

Passons maintenant à un phénomène de mouvement apparent, comme la chute d'un corps dans le vide. Nous pouvons commencer par mesurer les espaces traversés par un corps partant du repos, et nous arriverons ainsi à formuler cette règle que ces espaces sont en proportion des carrés des temps qui se sont écoulés depuis l'origine du mouvement [1]. Sous cette forme, la loi est strictement analogue à celle qui a été énoncée pour l'émanation du radium : elle stipule le maintien d'un rapport dont le second terme est le temps, ce qui, par conséquent, inclut le concept du changement.

Mais nous pouvons présenter cette loi sous une autre forme encore. Au lieu de rechercher les espaces traversés, nous aurons recours à un concept un peu plus abstrait et nous déterminerons la vitesse que le corps aura acquise à un moment précis de sa chute. Nous arriverons encore, bien entendu, à constater qu'un rapport reste constant (puisque aussi bien c'est l'essence même de la loi) et, en gardant le temps comme le second terme du rapport, nous dirons que la vitesse s'accroît proportionnellement au temps écoulé.

1. On peut voir d'ailleurs, dans le beau travail de M Wohlwill (*l. c.*, XIV. p. 402) que c'est bien sous cette forme d'une simple variation dans le temps que Galilée avait conçu d'abord la loi de la chute.

Observons d'ailleurs que, le temps étant la variable indépendante, ses accroissements sont constants; nous exprimons ce fait en langue vulgaire en disant que, pour connaître la vitesse en question, nous mesurerons le temps, c'est-à-dire que nous le diviserons en tranches égales, en secondes par exemple. Donc, en vertu de la formule que nous venons d'énoncer, la vitesse du corps s'accroîtra de la même manière ; c'est-à-dire que, si nous créons pour l'accroissement de la vitesse un terme spécial, en l'appelant *accélération*, nous pourrons énoncer la formule en disant que l'accélération est une constante.

En opérant ces transformations, en partie purement verbales, nous semblons n'avoir obéi qu'au souci de rendre la formule plus brève, plus facile à retenir. Regardons cependant ce que devient ce terme d'accélération. C'est évidemment un simple rapport, et un rapport très abstrait puisque c'est la différence de deux vitesses ; c'est quelque chose de comparable au rapport entre le quotient des espaces et celui des carrés des temps dans notre première formule. D'ailleurs, par le fait même que le concept de l'accélération (comme du reste l'indique son étymologie) dérive de celui de la vitesse, il est fondé comme ce dernier sur le concept du temps, et par conséquent il contient virtuellement celui du changement dans le temps et en fonction du temps. Cependant, comme nous pouvons stipuler la constance de ce terme même dans le temps, nous en faisons l'attribut d'une notion que nous appelons *force* et qui n'est plus un simple rapport, mais une chose, une réalité, réalité, remarquons-le bien, que nous ne connaissons que par cette seule manifestation, puisque la force, par définition, n'est que la cause de l'accélération. Observons aussi que cette nouvelle chose créée par nous se distingue de toutes celles du sens commun en ce qu'elle n'évolue pas dans le temps, qu'elle est constante. Donc, ce qui nous guidait en réalité dans les transformations que nous avons opérées, ce n'est pas uniquement le désir de la simplification, c'est encore la tendance à transformer un rapport en une chose, afin de voir se conserver non seulement la loi, mais encore l'objet, ce qui est, nous le savons, le véritable sens de la tendance causale. C'est parce que nous obéissons à cette tendance que nous préférons donner à nos lois une forme telle que le changement n'apparaisse pas comme dépendant directement de l'écoulement du temps, en d'autres

termes que nous cherchons à éliminer le temps de nos formules.

C'est ce qui fait que la formule de la loi en fonction du temps, quoique la plus naturelle en vue de la prévision, se trouve rarement dans la science, d'autant plus rarement que la science est plus « rationnelle » : en observant, en expérimentant et surtout en raisonnant sur nos observations et nos expériences, nous sommes dominés par le souci constant et puissant de la *cause*, c'est-à-dire de la conservation des objets dans le temps.

Nulle part, peut-être, cette tendance ne se manifeste avec autant d'évidence que dans le développement de la chimie. Voici un corps qu'on appelait au XVIIIe siècle la *chaux de mercure* ou le *mercure précipité per se*. Nous le chauffons et nous apercevons que des gouttelettes d'un corps liquide, métallique, se forment dans le col du vase C'est, nous disent les chimistes, que le phlogistique, s'unissant à la chaux, a formé une matière que nous appelons le mercure métallique et qui est de la chaux de mercure phlogistiquée. Le fait qu'on découvre que la réaction est accompagnée de l'apparition d'un gaz, ne modifie pas essentiellement les explications; les « phlogisticiens » et, parmi eux, l'auteur de la découverte, Priestley, considèrent ce phénomène comme secondaire et formulent à ce sujet des hypothèses auxiliaires.

En quoi consistait « l'explication » en question? Vous voulez savoir, disait-on, pourquoi ce corps rouge et poudreux devient métallique ? C'est que le phlogistique qui s'y est adjoint a le pouvoir de donner au corps précisément ces qualités métalliques. Sans doute le phlogistique ne manifeste pas toujours ces qualités : c'est qu'il se trouve parfois dans un état particulier ; mais dès qu'il s'unit à certaines substances, ces qualités éclatent. Le phlogistique, qui préexistait, s'est simplement déplacé en allant du feu à la chaux de mercure. Nous pourrions résumer cette explication en la présentant sous forme d'une équation :

Chaux de mercure + phlogistique = mercure métallique.

A la vérité, les phlogisticiens ne posèrent pas cette équation, l'usage des équations chimiques étant un peu postérieur. Mais elle n'en traduit pas moins leur pensée et les chimistes mo-

dernes ont souvent eu recours à ce procédé, en s'appliquant à saisir et à préciser les conceptions de leurs prédécesseurs. Le sens général de l'explication était donc bien celui-ci : par la réaction rien ne s'est créé, rien ne s'est perdu ; le mercure rouge et le phlogistique qui existaient avant, subsistent dans le mercure métallique ; et ce changement si profond n'a été, en réalité, qu'un déplacement.

Pour ruiner ces conceptions, Lavoisier fait observer que le poids est une propriété permanente du corps, propriété qui ne s'oblitère jamais ; nous pourrons donc reconnaître à un signe infaillible si réellement quelque chose est venu s'y ajouter. Lavoisier constate, en faisant usage de la balance, que la chaux de mercure pesait plus que le mercure métallique recueilli après l'opération et que la différence se retrouve à peu près dans le poids du gaz produit. D'où la conclusion logique qu'il faut renverser les termes du rapport établi par la théorie du phlogistique, que c'est le mercure métallique qui est le corps simple, l'élément, et que la chaux de mercure est un composé de mercure métallique et du gaz que Lavoisier appela oxygène. Cette interprétation s'écrit en équation :

$$HgO = Hg + O$$

et celle-ci présente sur la précédente cet avantage inestimable de tenir compte des poids, d'être quantitative, comme on dit ; en effet, suivant une convention précise, les symboles dont nous venons de nous servir n'indiquent pas seulement les corps, mais encore des poids définis de ces corps et l'équation signifie que 216 grammes d'oxyde de mercure fournissent 200 grammes de mercure métallique et 16 grammes d'oxygène. Ainsi l'identité entre l'antécédent et le conséquent s'est encore précisée : non seulement le mercure métallique et l'oxygène préexistaient dans l'oxyde, puisqu'ils en sont les « composants », mais encore ils préexistaient en quantités déterminées, égales à celles que nous venons de recueillir après la séparation.

Plus tard, on s'est aperçu que la décomposition de l'oxyde de mercure est accompagnée d'un autre phénomène, à savoir l'absorption d'une certaine quantité de chaleur. On constata que c'était un phénomène à peu près général, que, sauf certaines exceptions assez explicables, les corps en se combinant dégageaient de la chaleur et qu'ils en absorbaient au contraire en se décomposant. On parvint à mesurer cette quantité de



chaleur (qui s'exprime, comme on sait, en calories) et l'on vit qu'elle constituait bien une caractéristique de la réaction[1]. Nous pouvons donc compléter comme suit l'équation ci-dessus :

$$Hg\,O + X\ cal. = Hg + O$$

Nous avons écrit trois équations différentes : elles représentent pourtant un seul et même phénomène. On pourrait sans doute écarter complètement la première, en la déclarant fausse, étant donné que nous ne croyons plus à l'existence du phlogistique. Mais ce serait à tort, car la théorie en question fournissait, nous l'avons vu, une interprétation très acceptable du phénomène tel qu'il avait été observé à l'époque. On a même fait remarquer, à juste titre, qu'il y a une certaine analogie entre les conceptions les plus récentes et celles des chimistes du phlogistique. Ces derniers avaient bien le sentiment qu'il fallait ajouter un « principe » à la chaux de mercure pour produire du mercure métallique et que c'était là une condition générale : le fait qu'en remplaçant le terme phlogistique par celui d'énergie on obtient dans bien des cas des propositions presque exactes n'est pas une pure coïncidence[2].

Les trois équations serrent le phénomène de plus en plus près. Mais toutes trois sont des *équations*, c'est-à-dire tendent à établir un rapport d'égalité entre les termes représentant les états antérieur et postérieur du phénomène. A mesure que l'explication avance, l'identification devient de plus en plus parfaite. Au commencement elle n'a trait qu'au côté qualitatif du fait et manque de précision, de substrat numérique, ensuite viennent les considérations de quantité et enfin les changements caloriques, énergétiques sont « expliqués » à leur tour, c'est-à-dire qu'ils rentrent dans l'égalité entre l'antécédent et le conséquent.

Peut-on affirmer qu'ici l'égalité soit directement suggérée par l'expérience ? N'est-il pas, au contraire, paradoxal d'énon-

1. On voudra bien excuser ce que cet exposé a de schématique et, partant, d'inexact. Lavoisier a commencé ses études calorimétriques sur les réactions chimiques en même temps qu'il poursuivait ses autres travaux. Cependant, ce n'est en effet que beaucoup plus tard qu'on parvint à des idées génerales sur le rôle joué par la chaleur dans les combinaisons chimiques. — Il va sans dire qu'il faut, pour séparer le mercure de l'oxygène, ajouter en outre la chaleur de vaporisation de ce gaz.

2. Cf. G. Helm. *Die Lehre von der Energie*. Leipzig, 1887, p. 7.



cer qu'un métal liquide et un gaz incolore sont, ensemble, la même chose qu'une poudre rouge? C'est bien l'avis de M. Ostwald. Il ne s'agit pas, nous dit-il, d'une véritable égalité, mais seulement de corps qui, dans certaines opérations, peuvent se substituer mutuellement les uns aux autres sans que le résultat en soit modifié [1]. On serait peut-être assez embarrassé d'indiquer l'opération où le mercure et l'oxygène d'une part et l'oxyde de mercure de l'autre, pourraient se remplacer dans ces conditions, à moins qu'on ne veuille recourir préalablement à l'opération qui est précisément l'objet de l'équation. Mais est-il exact qu'en posant cette équation on pensât à la substitution en question ? Reportons-nous à l'époque où ce mode d'expression est né et s'est développé, et faisons complètement abstraction des théories plus récentes sur les équilibres chimiques et de ce que pouvaient contenir en germe les conceptions de Berthollet qui, on le sait, sont restées à ce point de vue à peu près sans action sur la marche de la science. Écrivons

$$Ba\,Cl^2 + Na^2\,SO^4 = Ba\,SO^4 + 2\,Na\,Cl.$$

Il est incontestable qu'une réaction de ce genre, réaction qui paraît s'accomplir rapidement et complètement dès que les corps dont les symboles sont inscrits à gauche du signe d'égalité se trouvent en présence dans des conditions convenables, représentait pour ainsi dire la réaction type ; il n'était nullement question que le sulfate de baryum et le chlorure de sodium pussent donner à leur tour du sulfate de sodium et du chlorure de baryum : cette supposition aurait au contraire semblé paradoxale à tout chimiste. Partout et toujours il était sous-entendu que le côté gauche indiquait le point de départ et le côté droit le point d'arrivée. L'équation exprime donc en réalité la marche dynamique d'un phénomène et non pas, contrairement à l'apparence, une relation d'équivalence entre deux états statiques. Cela est si vrai que, dans ses études sur les états d'équilibre, M. Van't Hoff a remplacé le signe $=$ par celui de $\rightleftarrows$ afin de bien indiquer que la réaction pouvait s'opérer dans les deux sens, le signe d'égalité dans les équations chimiques ayant acquis irrémédiablement le sens d'une action dans une direction déterminée, de gauche à droite.

1. W. Ostwald. *Vorlesungen ueber Naturphilosophie*, 2e éd. Leipzig 1902, p. 114, 225-226.



Cela dit, comment se fait-il qu'on ait cru pouvoir se servir du signe en question ? Évidemment une flèche ⟶ eût exprimé beaucoup mieux le sens de la relation. Et comment expliquer que ce terme d'équation, si impropre en l'occasion, ne nous choque point ? C'est qu'au delà, au-dessous du phénomène produit, du phénomène apparent, nous croyons voir autre chose ; nous croyons, nous voulons croire du moins, que l'ensemble des antécédents, si nous pouvions les embrasser d'un coup d'œil et reconnaître leur nature intime, serait reconnu égal, identique à l'ensemble des conséquents.

On peut d'ailleurs citer, à l'appui de cette manière de voir, l'autorité de l'homme de qui dérive tout le mode de penser de la chimie moderne. Lavoisier, dans son *Traité élémentaire de chimie*, a écrit ce qu'on peut appeler la première véritable équation chimique et, avec sa clarté habituelle, a expliqué le sens qu'il attribuait à cette formule.

Après avoir affirmé que « rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature » et que « l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération », il ajoute : « C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie : on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse. Ainsi puisque du moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alcool, je puis dire que le *moût de raisin* = *acide carbonique* + *alcool*[1]. »

Ainsi donc l'équation est bien, pour Lavoisier, l'expression de l'égalité complète, de l'identité entre l'antécédent et le conséquent dans une réaction chimique.

« Nous ne connaissons en toute lumière, dit Poinsot, qu'une seule loi, c'est celle de la constance et de l'uniformité. C'est à cette idée simple que nous cherchons à réduire toutes les autres, et c'est uniquement en cette réduction que consiste pour nous la science[2]. » Nulle parole plus vraie ni plus péné-

1. Lavoisier. *Œuvres*, vol. I, p. 101.

2. L. Poinsot. *Eléments de statique suivis de quatre mémoires*, etc., 10e éd. Paris 1861, p. 239. La suite affaiblit la signification de ce passage ; Poinsot y limite la recherche à celle de la constance du *rapport*. Il nous semble cependant ressortir de la teneur des phrases que nous avons citées dans le texte qu'il avait tout d'abord entrevu la véritable portée de son énoncé ; c'est en cherchant à la préciser que sa pensée aura dévié, probablement

trante ; la loi purement empirique semble extérieure à la fois aux choses et à notre esprit, impénétrable, opaque. Seules les règles qui affirment l'identité, qui en découlent ou qui y conduisent, nous paraissent adéquates à la fois à l'essence des choses et à notre entendement, saisissables ; ce sont les seules que nous connaissions « en toute lumière ». Et l'on voit aussi que la science ainsi définie par le grand mathématicien est tout autre chose qu'un ensemble de règles empiriques. Elle est l'effort de l'esprit vers la compréhension, de *l'entendement* vers *l'entente* des choses, effort qui est la fonction normale de l'entendement et qui ne saurait s'accomplir qu'à l'aide du principe de l'identité dans le temps.

Ainsi ces équations chimiques sont bien, au fond, l'expression de la tendance à identifier les choses dans le temps ; on peut dire aussi à *éliminer* le temps. En effet, supposons que le processus d'identification continue et que nous parvenions réellement à mettre en équation le phénomène entier, à identifier complètement l'antécédent et le conséquent ; tout s'est conservé, tout est resté en l'état, c'est-à-dire que le temps n'a exercé aucune influence. Sans doute, nous savons d'avance cette identification complète impossible. Mais, partiellement, nous pouvons vérifier à l'aide de nos équations qu'il en est bien ainsi. Les matières élémentaires qui existaient avant le phénomène ont subsisté après : de ce côté il n'y a pas eu de changement. Le poids est également resté le même : là encore rien n'est modifié. Enfin l'énergie aussi s'est conservée. En somme, aussi loin que va notre explication, *il ne s'est rien passé*. Et comme le phénomène n'est que changement, il est clair qu'à mesure que nous l'avons expliqué, nous l'avons fait évanouir. Toute partie expliquée d'un phénomène est une partie niée.

Restent, il est vrai, les phénomènes du déplacement. Ils sont, nous l'avons vu, privilégiés par leur nature même en ce que nous pouvons, selon qu'il nous convient, les considérer tantôt comme impliquant un changement, et tantôt comme conservant l'identité. C'est même sur cette particularité que repose toute possibilité d'identification causale et, dans nos équations, nous n'avons également fait autre chose qu'user de ce moyen, en supposant que les masses élémentaires et l'énergie, tout en restant identiques à elles-mêmes, se dépla-

par suite d'une confusion analogue à celle que nous avons signalée chez Hertz (cf. plus haut p. 28 et 199).

cent. D'ailleurs, la nature de ce déplacement est restée indéterminée ; indétermination toute provisoire, cela est évident, car si nous voulions pénétrer plus avant dans l'explication du phénomène, en scruter le mécanisme, nous serions obligés de préciser les mouvements moléculaires, c'est-à-dire de nous prononcer sur le mode de déplacement. Nous l'avons évité par le simple fait que l'explication des phénomènes chimiques est encore trop peu poussée ; on dira que la chimie n'est pas assez avancée pour admettre de véritables explications mécaniques, mais on ne saurait douter que le mécanisme universel exige des explications de ce genre. Cependant, cette indétermination provisoire nous a servi dans notre démonstration, en ce sens qu'elle nous a permis de mieux faire ressortir l'identité entre l'antécédent et le conséquent.

La chose semble en effet plus malaisée si nous nous tournons vers la science même du mouvement, la mécanique. Ici nous avons devant nous le phénomène fondamental, celui auquel la science explicative tend à réduire tous les autres ; pourra-t-on dire que la science tend à le nier ?

Si cependant l'analyse à laquelle nous nous sommes livré est exacte, si l'explication par le mécanisme est non pas un but, mais un moyen, et si la valeur explicative des théories mécaniques repose sur ce qu'elles donnent satisfaction à notre tendance causale, il est clair que notre manière de traiter des corps en mouvement doit s'en ressentir. Et l'on prévoit que, de l'aspect double du mouvement, qui est à la fois conservation et changement, la science rationnelle s'appliquera surtout à faire ressortir le premier.

Revenons aux trois principes de conservation. Celui de la masse ne concerne pour ainsi dire pas la mécanique, puisqu'il est entendu par définition que les phénomènes dont cette science s'occupe excluent une transformation quelconque de la matière. Mais le principe de la conservation de l'énergie est en partie mécanique et celui d'inertie l'est entièrement. Ces deux énoncés dominent complètement cette partie de la science, et c'est surtout sous cet aspect que nous aimons à traiter de ces phénomènes. Une pierre était suspendue, elle s'est détachée et est en train de tomber : c'est que son énergie, de potentielle qu'elle était, est devenue cinétique ; mais l'énergie y était, elle y est encore. J'ai jeté une pierre en l'air, elle s'est déplacée d'abord avec une certaine vitesse, celle-ci est allée en diminuant, jusqu'à l'arrêt complet, la

pierre s'est mise à redescendre, en tombant de plus en plus vite ; mais on m'apprend que pendant tout le temps où se passait ce phénomène si changeant, quelque chose qu'on me dit pourtant représenter son aspect le plus essentiel, l'énergie, est au contraire resté immuable, car à tout moment la somme des énergies cinétique et potentielle est demeurée la même. Un boulet de canon passe, lancé à une grande vitesse : voilà, semble-t-il, un changement continuel, nettement caractérisé. Sans doute, m'affirme la science, si nous considérons ce mouvement en tant que changement de position à l'égard des corps environnants. Mais si je me figure un être placé sur ce boulet de canon, il croira être en repos, comme nous en avons la sensation sur la terre ; pour lui ce mouvement, pourvu qu'il soit uniforme et rectiligne, n'existera pas. On dit généralement que le principe d'inertie fait disparaître la notion du repos et nous l'avons nous-même considéré surtout à ce point de vue ; mais la vérité est qu'il y a là, entre le mouvement et le repos, une assimilation réciproque, et l'on peut affirmer, avec autant de raison, que l'on supprime le mouvement, puisque c'est immédiatement et pour ainsi dire instinctivement qu'on appliquera désormais au mouvement rectiligne toutes les normes que notre esprit établit pour le repos. « L'inertie, dit M. Hermann Cohen avec beaucoup de justesse, n'inclut pas le mouvement ; elle est même plutôt censée l'exclure dans un certain sens[1]. »

Que le mouvement, considéré en lui-même, soit au fond inconcevable, comme tout autre changement d'ailleurs, c'est ce que montrent clairement les raisonnements ou, si l'on veut, les paradoxes des Eléates, et plus particulièrement ceux désignés sous le nom de *l'Achille* et de *la flèche*. Il est incompréhensible qu'Achille puisse jamais atteindre la tortue et, de même, que la flèche, occupant à un moment donné un endroit déterminé, puisse le quitter. On affirme généralement que la source de ces paradoxes est dans le fait que nous ne pouvons concevoir l'infini actuel et par conséquent le continu, que notre raison ne peut saisir que le discret. Sans vouloir approfondir cette matière qui s'écarte de notre sujet, observons que notre entendement ne semble pas se révolter contre le concept du continu, tant que la considération du mouvement n'entre pas en jeu. En géométrie

1. Hermann Cohen. *Logik der reinen Erkenntniss*. Berlin, 1902, p. 206.

synthétique le corps nous apparaît bien comme continu, et de même la surface en tant que limite du corps, la ligne en tant que limite de la surface. Les difficultés du continu n'apparaissent qu'avec le mouvement. — Il se peut cependant que ces difficultés soient un peu moindres pour nous qu'elles ne l'étaient pour les Grecs; ainsi, il nous faut un certain effort pour saisir le sens de l'argument de la flèche qui nous semble, alors même qu'elle *est*, à un certain endroit, avoir pourtant conservé une *vitesse*. Ce sont là des habitudes d'esprit que crée le calcul infinitésimal. On a dit que le calcul infinitésimal est un effort pour saisir le concept du continu à l'aide du discret. Cette observation est fort juste, mais il faut ajouter que dans ce calcul le continu apparaît toujours en voie de devenir, par le mouvement. C'est ce mouvement que nous cherchons à saisir en le rendant discontinu, en le décomposant en de petites phases indivisibles qui sont autant de petits repos. Il y a donc là encore une étroite analogie entre les procédés du mathématicien et ceux du physicien, en ce sens que l'un et l'autre ramènent le mouvement à l'immobilité[1].

En somme, la science, dans son effort à devenir « rationnelle », tend de plus en plus à supprimer la variation dans le temps. Et l'on aperçoit clairement que l'empirisme ne saurait y être pour rien. En effet, l'instinct de la conservation exige la prévision; c'est donc l'évolution dans le temps qui nous intéresse surtout et il semble que la forme essentielle de la loi, de la règle empirique, devrait être celle d'une modification en fonction du temps. Or, il n'en est nullement ainsi. Si l'on trouve quantité d'énoncés en fonction du temps dans les sciences de l'être organisé, c'est qu'elles sont encore au début de leur évolution. Mais ces énoncés sont d'autant plus rares que la science est plus rationnelle.

Supposons pour un instant que la science puisse réellement faire triompher le postulat causal : l'antécédent et le conséquent, la cause et l'effet se confondent et deviennent indiscernables, simultanés. Et le temps lui-même, dont le cours n'implique plus de changement, est indiscernable, inimaginable, inexistant. C'est la confusion du passé, du présent et de l'avenir, un univers éternellement immuable. La marche du monde s'est arrêtée. Et, bien entendu, simultanément ou plutôt antérieurement encore, la cause s'est évanouie. Car du

1. Cf. p. 84 où nous avons examiné cette question à un point de vue un peu différent.

moment qu'elle se confond avec l'effet, qu'il y a identité entre l'antécédent et le conséquent, que rien ne se passe, il n'y a plus de cause. Le principe de causalité, selon son vrai sens, ainsi que l'a justement remarqué Renouvier [1], est l'élimination de la cause.

C'est un résultat paradoxal en apparence. Nous pouvons cependant, d'un coup d'œil, embrasser le chemin parcouru et vérifier que nous ne nous sommes pas égarés en route, que le point d'arrivée était bien commandé par le point de départ. Nous avons cherché les causes des phénomènes et nous les avons cherchées à l'aide d'un principe qui n'est, nous le savons, que le principe d'identité appliqué à l'existence des objets dans le temps. La source ultime de toutes les causes ne peut donc être qu'identique à elle-même. C'est l'univers immuable dans l'espace et le temps, la sphère de Parménide, impérissable et sans changement.

En contemplant par la pensée cette sublime image du grand Eléate, nous ne pouvons pas ne pas observer son étrange ressemblance avec une conception toute moderne, celle de la nébuleuse qui, d'après Laplace, serait l'origine de notre système solaire. Convient-il de voir pour cela en Parménide u précurseur de l'astronome français? En aucune façon. La sphère était une conception purement métaphysique, un symbole éternel de l'univers; la nébuleuse est une hypothèse scientifique, appuyée sur des faits particuliers et prétendant indiquer l'état physique d'une partie limitée de l'univers à un moment déterminé. Et pourtant il y a là plus qu'une simple coïncidence. Sphère et nébuleuse sont en effet toutes deux des conceptions causales. Seulement la sphère, étant l'univers entier, ne peut changer par rapport à l'espace, elle doit donc rester immobile ; alors que la nébuleuse, n'étant que le système solaire, peut tourner dans l'espace absolu. C'est ce mouvement qui, jouant le rôle du principe diversifiant que les Éléates désignaient sous le nom de *guerre* ou de *discorde*, lui permet de se différencier ensuite pour procréer, par la seule évolution, par le développement de ce qui devait y être contenu en puissance, toute la série des mondes. Comme le dit M. Wilbois [2], la théorie de la nébuleuse aboutit à affirmer

1. Renouvier. *La méthode phénoméniste*. Année philosophique, 1890, p. 26. — Cf. *ib.*, p. 89.

2. Wilbois. *L'esprit positif*. Revue de métaphysique, vol. X, 1902, p. 334.

que « l'évolution n'est qu'une apparence qui recouvre une fixité véritable ».

La nébuleuse, dernier aboutissant d'une chaîne causale que nous pouvons, par un privilège unique, nous représenter comme à peu près isolée du reste de l'univers, est, tout comme la sphère de Parménide, la traduction sensible du principe de l'immutabilité de l'Être.

Cependant, à scruter de plus près la conception de Parménide, on s'apercoit que tous les traits caractéristiques de ce symbole ne sauraient se déduire uniquement de l'application du principe de l'identité dans le temps. Un trait essentiel demeure inexpliqué. C'est ce que nous examinerons dans le prochain chapitre.

CHAPITRE VII

L'UNITÉ DE LA MATIÈRE

Parménide se représentait l'univers comme une sphère matérielle et, apparemment, composée partout d'une seule et même matière. En d'autres termes il affirmait, en même temps que l'immutabilité essentielle de l'être matériel, son unité[1].

Cette conception se retrouve dans la plupart des systèmes atomistiques. Kanada, semble-t-il, avait conçu ses atomes comme divers ; mais chez les Jaïnas ils sont constitués d'une matière unique, toujours identique à elle-même[2]. Leucippe et Démocrite se sont exprimés avec beaucoup de netteté à ce sujet. « S'ils sont distincts par leurs formes, dit Aristote en parlant des atomes tels que les concevaient ces deux philosophes, ils n'ont cependant, à ce qu'on nous dit, qu'une seule et même matière, tout aussi bien que si, par exemple, chacun d'eux était un morceau d'or distinct et séparé[3]. » Les atomistes grecs de l'époque postérieure ont constamment maintenu l'enseignement des maîtres. Nous savons par un passage de Galien, lui-même adversaire des théories atomistiques, que l'unité de la matière était considérée en son temps comme faisant partie intégrante de ces doctrines[4]. Au moyen âge, alors que l'aristotélisme régnait souverainement, la croyance

1. Cf. Zeller. *Philosophie des Grecs*, trad. Boutroux. Paris, 1877, vol. II, p. 43 ss.

2. Cf. cependant à ce sujet p. 75, note 2.

3. Aristote. *Traité du ciel*, l. 1er, cap. vii, § 18, cf. *ib.* l. IV cap. ii, § 14. Zeller (*l. c.*, vol. II, p. 50) établit la filiation qui rattache la doctrine des atomistes à celle de Parménide. M. Hermann Cohen (*Logik der reinen Erkenntniss*. Berlin, 1902, p. 29) fait également ressortir que l'atomistique est « issue de l'identité de Parménide ». (Cf. *ib.*, p. 40, 187, 272.)

4. Galien. *Opera*, éd. Kuehn, Leipzig, 1821. *De elementis*, I, p. 416-417, cf. Lasswitz, *Geschichte der Atomistik*, vol. I, p. 231 ss.

à l'unité de la matière était à peu près générale ; elle faisait le fond des théories des alchimistes et de leurs tentatives de transmutation[1]. Il se peut qu'il y ait là, comme on l'a dit, une influence exercée par une sorte de sous-courant de doctrines atomistiques[2] qui, nous l'avons vu, a en effet existé, tirant sa source de certains écrits médicaux ; mais nous verrons plus tard qu'il n'est pas besoin d'avoir recours à cette hypothèse et que les théories d'Aristote elles-mêmes suffisent à expliquer cette tendance. Dès la renaissance des théories mécaniques l'unité de la matière est affirmée et ne rencontre pour ainsi dire pas de contradicteurs. Pour Descartes, c'est une vérité fondamentale et évidente par elle-même : « Il n'y a qu'une mesme matiere en tout l'Univers[3]. » Après lui, tout le monde semble d'accord sur ce point. Dans les ardentes polémiques que soulève la question de l'attraction newtonnienne, on ne trouvera pas la moindre mention de cette objection qui se présente facilement à l'esprit des modernes : comment attribuer une seule et même propriété à des matières fondamentalement diverses ? Sans doute amis et adversaires de l'action à distance étaient à un degré égal convaincus de l'unité de la matière. Les chimistes étaient du même avis et Boyle, ferme adhérent des théories corpusculaires, affirme hautement l'unité de la matière qui lui paraît inséparable de ces théories[4]. Puis, au XVIIIe siècle, une crise s'ouvre, crise qui ira en s'accentuant presque jusqu'à notre époque, et qui est d'autant plus intéressante à observer qu'elle est en quelque sorte latente et inavouée. Il est en effet très remarquable, au point de vue historique, que l'évolution dont nous parlons s'opère sans attirer l'attention de personne. Il n'y a, semble-t-il, rien de plus essentiel en chimie que le concept de l'élément, et c'est ce concept qui est en train de se transformer complètement. Cependant, jamais les historiens de la chimie n'ont pris cette transformation pour le point de départ d'une époque. C'est qu'elle est tout à fait lente, insensible et comme spontanée ; il y a là une sorte de sous-courant extrêmement puissant, mais dont les protagonistes mêmes de la chimie

1. Cf. BERTHELOT. *Les origines de l'alchimie*, Paris 1885, p. 282 ss.

2. Cf. MABILLEAU. *l. c.* p. 389 ss.

3. DESCARTES. *Principes*, l. II, cap. XXIII.

4. BOYLE. *Works*, Londres 1772, vol. III, p. 15. « *I agree with the generality of philosophers so far as to allow that there is one catholick or universal matter cammon to all bodies.* »

d'alors n'ont pas conscience, qui les entraîne pour ainsi dire malgré eux [1]. Au début de la chimie du phlogistique, Becher est fermement convaincu de la possibilité de la transmutation [2] et croit même avoir trouvé un procédé pour l'effectuer dans certaines limites [3]. C'est donc que non seulement les métaux, mais encore les chaux métalliques (ce que nous appelons les oxydes) ne lui apparaissaient point comme de véritables éléments. En effet, il croyait que ces derniers n'étaient qu'au nombre de trois, c'étaient au fond les mêmes que ceux de Paracelse, bien que Becher les décore de noms différents [4]. Même Stahl, qui a été le premier à se servir du terme *phlogiston*, ne doutait pas non plus, du moins pendant la première partie de sa carrière, de l'existence d'une substance appelée *Elixir* ou *Teinture* [5] et dont la principale propriété consistait à transmuer les métaux ; il a expressément affirmé la possibilité d'une transmutation du plomb [6]. Plus tard, il a changé d'opinion et est devenu l'adversaire des alchimistes [7] ; toutefois, on ne voit pas qu'il ait jamais déclaré qu'il considérait les chaux métalliques comme de véritables éléments [8]. Cependant peu à peu cette dernière opinion (préparée au XVIIe siècle par les écrits de Boyle [9] qui pourtant, nous l'avons dit, croyait lui-même à l'unité de la matière) tend à prévaloir parmi ses successeurs. Il est certain qu'elle se trouve déjà solidement établie à la veille des découvertes de Lavoisier [10] et qu'à ce point

1. On peut voir chez Kopp, *Geschichte der Chemie*, vol. IV, *passim*, avec quelle lenteur s'élaborait le concept de la spécificité de la plupart des substances chimiques et notamment des métaux. Cf. aussi *ib.*, vol. I, p. 191-214, 219, 258.

2. On trouvera chez Kopp, *Die Alchemie in aelterer und neuerer Zeit*. Heidelberg 1886, vol. I, p. 67, les titres de deux ouvrages de Becher où ce dernier défend l'alchimie contre ses adversaires. *Ib.*, p. 241, un extrait de Becher où ce dernier affirme que les « Spagyristes » peuvent bien fabriquer de l'or à l'aide de divers ingrédients (tels que : argent, mercure, soufre, etc.) puisque la nature elle-même procède par cette voie. Cf. *ib.*, p. 104 et Id. *Geschichte*, vol. I, p. 178.

3. Cf. chez Kopp, *Die Alchemie*, vol. I, p. 144 et 147 des détails sur le procédé et les négociations avec les Etats de Hollande.

4. *Ib.*, p. 67, 71, cf. *Geschichte*, vol. I, p. 133, vol. II, p. 277.

5. Kopp. *Alchemie*, I, p. 69.

6. *Ib.*, I, p. 71.

7. *Ib.*, I, p. 72.

8. On peut voir chez Kopp, *Geschichte*, vol. II, p. 278 combien curieux était le mélange que présentaient ses opinions en cette matière.

9. Cf. Duhem, *Le mixte*. Paris, p. 16, 17, 48, et Kopp, *Geschichte*, vol. II, p. 275.

10. Kopp, *Alchemie*, vol. II, p. 164. *Geschichte*, vol. II, p. 279-280.

de vue du moins la « révolution chimique » dont ce dernier a été l'auteur trouvait les voies préparées. Sans doute, on n'avait pas entièrement perdu le souvenir des éléments d'Aristote ni de ceux de Becher et, dans les manuels surtout, on en parlait encore quelquefois. Lavoisier, dans la préface au *Traité élémentaire de chimie*, montre, avec sa clarté habituelle, ce que ces anciennes conceptions ont d'inconsistant. « Cette tendance que nous avons à vouloir que tous les corps de la nature ne soient composés que de trois ou quatre éléments tient à un préjugé qui nous vient originairement des philosophes grecs. » L'élément chimique est au contraire une notion résultant de l'expérience. « Le dernier terme auquel parvient l'analyse, toutes les substances que nous n'avons encore pu décomposer par aucun moyen sont pour nous des éléments [1]. » Mais on sent, par la brièveté de ses déclarations, qu'il n'a pas de controverse à craindre en cette matière. C'est qu'au fond ses contemporains les plus autorisés étaient là-dessus d'accord avec lui [2]. Kopp constate que Lavoisier ne s'est jamais donné la peine de proclamer l'inanité des transmutations.

Depuis le triomphe définitif de la théorie de Lavoisier, rien, semble-t-il, n'est mieux garanti au point de vue empirique que l'existence des « éléments », c'est-à-dire de corps différant les uns des autres au point de vue de leurs qualités fondamentales, corps qui nous apparaissent comme indestructibles, capables de s'unir entre eux pour former des combinaisons, mais incapables de se transformer les uns dans les autres. Helmholtz désigne le principe chimique dont nous parlons comme celui de « l'inaltérabilité des substances » (*Unveraenderlichkeit der Stoffe*) ou de la « constance des éléments » et le considère comme fondamental [3]. M. Armand Gautier constate de même qu'il est une des bases de notre chimie et lui attribue, très justement, la première place dans l'énumération de ces notions fondamentales [4]. M. Etard

1. Lavoisier. *Œuvres*. Paris, 1864, vol. I, p. 5-7.

2. M. Duhem fait cependant ressortir à juste titre que la création d'une nomenclature nouvelle contribua puissamment à fixer la notion du corps chimiquement simple. (*Le Mixte*, p. 47.)

3. Helmholtz. *Populaere wissenschaftliche Vortraege*, p. 192.

4. A. Gautier. *Les problèmes de la chimie moderne*, Revue générale des sciences, 1890, p. 225.

est du même avis[1]. Il est d'ailleurs facile de se rendre compte que cette notion fait même en quelque sorte partie intégrante du principe de la conservation de la matière. C'est là précisément cette partie indéterminée, mais fort importante du principe dont nous avons parlé plus haut (p. 137).

Je brûle un morceau de soufre à l'aide d'oxygène et je recueille l'anhydride sulfureux ainsi produit. D'autre part, je fabrique de l'eau en combinant de l'oxygène avec de l'hydrogène et, en y faisant dissoudre du potassium, une solution de potasse ; finalement je fais absorber l'acide sulfureux par cette solution. J'obtiens ainsi du bisulfite de potasse. Evidemment, dans toute cette série d'opérations, le poids a dû se conserver, c'est-à-dire que si j'additionne d'une part les poids des matières que j'ai fait entrer dans ces combinaisons multiples : soufre, oxygène, hydrogène et potassium, et d'autre part ceux des produits obtenus, sulfite de potasse et produits accessoires comme l'hydrogène qui a été régénéré par la dissolution dn potassium, etc..., les deux sommes se trouveront rigoureusement égales. C'est le principe de la conservation de la matière ; mais est-ce tout le principe ? Ne puis-je énoncer rien de plus au point de vue de cette conservation ? Je puis au contraire affirmer que non seulement les poids, mais encore les matières elles-mêmes se conserveront, que le soufre restera soufre, l'oxygène, oxygène et ainsi de suite. La preuve en est que je n'hésite pas à désigner mon produit final par le symbole $KHSO^3$. Sans doute, on peut à la rigueur affirmer que cette formule signifie, non pas que ces corps élémentaires se trouvent actuellement contenus dans le bisulfite, mais uniquement qu'ils peuvent en être dégagés dans certaines conditions. C'était l'avis de Henri Sainte-Claire Deville[2], et M. Ostwald semble également y incliner[3]. Dans cette hypothèse, les éléments disparaîtraient dans les combinaisons. Cela n'a, en soi, rien de paradoxal. Des problèmes de ce genre ont été à maintes reprises posés en chimie et n'ont pas toujours reçu des solutions identiques. Ainsi, on peut se demander si l'eau que nous voyons s'ajouter facilement, dans certaines conditions, aux molécules des corps y subsiste après

1. M. Etard. Revue générale des sciences, vol. XIV, p. 450, en énumérant les lois spéciales à la chimie, attribue la première place à l'énoncé : « Il existe des éléments spécifiques indestructibles ».

2. Cf. Duhem. *Le mixte*, p. 164.

3. Ostwald. *Vorlesungen weber Naturphilosophie*. Leipzig. 1902, p. 287.

comme telle. Les chimistes le supposent assez généralement pour ce qu'on appelle eau de cristallisation. Mais pour l'eau des acides les hypothèses ont varié. On supposait autrefois que l'acide sulfurique, par exemple, était un composé de ce que nous appelons actuellement l'anhydride (et ce qui était considéré à ce moment comme le véritable acide) et d'eau ; celle-ci se conservait donc comme telle dans la molécule composée. Dans nos formules actuelles, au contraire, la molécule d'eau qui s'ajoute à l'anhydride se scinde, l'hydroxyle et l'hydrogène allant se fixer dans deux endroits différents de la chaîne atomique.

Il suffit cependant, ayant posé ainsi les conditions du problème, d'examiner les théories de la chimie pour voir que la doctrine généralement acceptée est l'opposé de celle de Sainte-Claire Deville. Reportons-nous au passage de Lavoisier que nous avons cité au chapitre précédent et pesons bien ces termes : « On est obligé de supposer dans toutes [les expériences] une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse. »

Si nous avions un doute sur la portée de ce passage, nous n'aurions qu'à nous référer à ce qui précède ; dans une phrase que nous avions omise dans notre citation, Lavoisier déclare qu'avant ou après l'opération « la qualité et la quantité des principes est la même et qu'il n'y a que des changements, des modifications ». Ainsi donc, ce que Lavoisier affirme, c'est que les « principes » (il s'agit en l'espèce de corps qu'il savait composés, mais cela s'applique évidemment *a fortiori* aux éléments) préexistent comme tels à leur isolement.

Il est facile, d'ailleurs, de se convaincre que la chimie, sur ce point, est restée fidèle à la pensée du plus illustre de ses maîtres.

On affirme que les corps n'ont pas seulement été composés, mais qu'ils *sont* réellement composés de leurs éléments, que ces derniers y sont véritablement contenus, qu'ils persistent dans leurs combinaisons. On recherche même la manière dont leurs parties ultimes ont pu se grouper. Toutes les théories émises depuis Berzélius jusqu'à M. Van't Hoff sur ces formules qu'on appelle maintenant de « constitution », formules en lesquelles se résument pour ainsi dire les progrès de la chimie, perdraient leur sens si nous pouvions douter un seul instant de cette persistance.

Sans doute, personne n'affirme que les éléments, en entrant dans ces combinaisons, conservent toutes leurs propriétés ; il semble même, à première vue, qu'il ne saurait y avoir aucun rapport à cet égard entre le métal potassium, le gaz hydrogène, etc... d'une part, et le bisulfite d'autre part. On sait cependant que de tels rapports existent. Le plus important, qu'on appelait autrefois la loi des équivalents, fut établi par Gay-Lussac et transformé par Avogadro, lequel y rattacha des considérations sur les poids spécifiques des gaz. Depuis, les chimistes en ont trouvé d'autres : patiemment ils continuent à chercher, convaincus d'avance que ces rapports existent, qu'il ne s'agit que de les dégager; ce qu'on appelle chimie physique ou générale n'est par le fait que l'étude de l'influence qu'exerce sur les propriétés des corps leur composition chimique, c'est-à-dire l'ensemble des propriétés de leurs éléments et leur mode de groupement.

Il est difficile, semble-t-il, de douter, dans ces conditions, que l'hétérogénéité des éléments primordiaux constitue réellement le fond de la chimie. Si cependant nous recherchons à cet égard les opinions des chimistes eux-mêmes, et surtout des théoriciens de la chimie, nous constaterons des doutes manifestes, et même quelquefois l'affirmation nette de l'unité de la matière. Cela date de loin. Lavoisier déjà hésitait à placer sur le même rang tous les éléments dont il avait établi l'existence. L'oxygène, l'azote, l'hydrogène lui paraissaient plus simples que les autres corps qui, par conséquent, n'auraient été que des composés[1]. En 1815 Prout formula sa théorie bien connue en vertu de laquelle l'hydrogène serait l'élément primordial, dont seraient composés tous les autres ; cette conception eut une fortune extraordinaire et compta parmi ses adhérents beaucoup de chimistes autorisés, entre autres J.-B. Dumas qui, il est vrai, la modifia légèrement, en partant d'un sous-multiple du poids atomique de l'hydrogène[2]. Les recherches ultérieures ne la confirmèrent pas; mais elle résista longtemps et elle est loin d'avoir définitivement disparu[3]. Plus considérable encore fut le

1. Cf. Bouasse. *Introduction à l'étude des théories de la mécanique.* Paris, 1895, p. 166.

2. *Ib.*, p. 169.

3. Cf. E. Booth. *Prout's Hypothese, etc.* Wiedemann's Annalen, 1902 Spl. — R. J. Strutt. *Ueber die Tendenz*, etc., *ib.* — C. Hallois. *Atomgewichtsgrundzahlen*, *ib.* 1903. — Hinrichs. *The Elements of Atom Mechanics*, vol. Ier (cité d'après la Revue générale des sciences, vol. VI, 1895, p. 756).

succès des conceptions fondées sur la périodicité des poids atomiques, conceptions dont le premier initiateur fut Chancourtois[1], mais qui reçurent leur forme définitive de Mendéléef. Les théories du chimiste russe ont été le point de départ d'un grand nombre de travaux scientifiques, et bien que les polémiques qu'elles ont suscitées soient loin d'être éteintes, ce n'est certes pas aller trop loin que d'affirmer qu'elles font à l'heure actuelle partie intégrante de la chimie théorique[2].

Etant donné que l'abandon de l'immutabilité des éléments bouleverserait profondément, nous l'avons vu, l'édifice entier de la chimie, on serait porté à croire que toute supposition qui y tendrait serait accueillie avec une méfiance extrême, et qu'il faudrait des preuves expérimentales très probantes pour engager la science dans cette voie. Or, ni du temps de Prout, ni du temps de Mendéléef on n'a connu ombre d'un fait pouvant faire douter de la fixité des éléments chimiques. Il y a plus, les bases expérimentales des deux théories ont toujours été extrêmement minces et il fallait certes, à l'époque où elles ont paru, une bonne volonté extrême pour admettre des constructions aussi hardies érigées sur des fondements aussi peu solides[3].

Ces considérations démontrent clairement, semble-t-il, que les chimistes, en dépit des résultats expérimentaux et des exigences de la théorie qu'ils professent ostensiblement, n'ont jamais accepté qu'à leur corps défendant le fait de l'existence d'une soixantaine d'éléments. Berthelot nous assure que les chimistes avaient « toujours conservé l'espoir de dépasser »

1. A.-E. Béguyer de Chancourtois. *Vis tellurique*. Paris, 1863.

2. Cf. à ce sujet Schutzenberger. *Traité de chimie générale*, p. VIII où l'on voit clairement que ce qui tente surtout les chimistes dans ces conceptions, c'est qu'elles apparaissent comme un acheminement vers l'unité de la matière.

3. On trouvera chez A. Etard, *Les nouvelles théories chimiques*, 3e éd. Paris, s. d., p. 51 et Revue générale des sciences, vol. VI, 1895, p. 782. quelques indications sur les objections que rencontre la théorie de Mendéléef.

La contradiction fondamentale entre le concept, généralement adopté, de l'élément chimique et le postulat de l'unité de la matière a été excellemment mise en lumière par M. Kozlowski (*Sur la notion*, etc. Congrès de philosophie de 1900, vol. III, p. 536 ss, *Zasady przyrodoznawstwa*, Varsovie, 1903, p. 272 ss.). Notons cependant que d'après M. Kozlowski le postulat en question aurait sa source dans l'unité de la sensation tactile (*Zasady*, p. 264).

ce qu'ils considéraient comme une limite provisoire[1]. Il est tout aussi significatif que Gibbs, dont les célèbres travaux théoriques semblent devoir orienter la science entière dans une direction nouvelle et fructueuse, n'ait pas hésité à fonder un des postulats fondamentaux de sa doctrine sur la possibilité de la transmutation[2] et que Friedel, après avoir déclaré que « la notion d'une matière élémentaire unique est plutôt une conception philosophique qu'autre chose » ait réclamé, trois pages plus loin, « une explication mécanique du fait général auquel on a donné le nom d'atomicité ou valence des atomes[3] ». L'atomicité ou valence est une expression de l'affinité, la propriété la plus intime des atomes chimiques, celle par laquelle, en définitive, les autres doivent pouvoir s'expliquer. Si elle exige à son tour une explication, c'est qu'on la reconnaît comme qualité occulte, c'est-à-dire qu'on suppose que tout doit se ramener à une matière unique dépourvue de qualités.

Nous pouvons aussi citer les témoignages de philosophes, tels que Spencer, Lotze, M. Wundt et Hannequin. Pour Herbert Spencer, les propriétés des différents éléments chimiques « résultent de différences d'arrangement provenant de la composition et recomposition d'unités ultimes homogènes[4] ». M. Wundt, après avoir constaté que « la chimie rapporte encore les diverses qualités de la matière à une différence qualitative originelle entre les atomes » ajoute aussitôt : « Mais la tendance générale de l'atomisme en physique est de dériver toutes les propriétés qualitatives de la matière des formes du mouvement atomique. Ainsi les atomes eux-mêmes restent des éléments entièrement dépourvus de qualités[5]. » De même Hannequin déclare que l'unité de la matière est « le postulat secret de tout atomisme[6] ». Mais il est peut-être encore plus significatif que cette tendance soit constatée par Lotze[7], car ce métaphysicien est l'adversaire du concept

1. M. Berthelot. *Les origines de l'alchimie.* Paris, 1883, p. 289.

2. Cf. Le Chatelier. *La loi des phases.* Revue Générale des sciences, 10, 1899, p. 760.

3. Ch. Friedel. Préface à J.-B. Stallo. *La matière et la physique moderne*, 3e éd. Paris, 1899, p. 9 et 12.

4. H. Spencer. *Contemporary Review*, juin 1872.

5. Wundt. *Die Theorie der Materie.* Deutsche Rundschau, décembre 1875, p. 387.

6. Hannequin, *l. c.*, p. 166.

7. Lotze. *System der Philosophie.* Leipzig, 1879, vol. II, p. 376.

de l'unité de la matière et ces tendances des chimistes et des physiciens l'étonnent.

Evidemment, une tendance aussi générale et aussi puissante doit avoir une cause profonde. Or, nous ne pouvons invoquer la causalité telle que nous l'avons définie, d'après Leibniz, c'est-à-dire l'identité entre la cause et l'effet, l'antécédent et le conséquent. Ce principe postule des conditions pour l'existence des choses dans le temps ; mais, à ce point de vue, à supposer que le soufre reste soufre et l'oxygène, oxygène, il est indifférent que le soufre soit, comme on l'a supposé, un simple polymère de l'oxygène[1] ou bien une matière radicalement distincte. Ou plutôt, au point de vue de la portée et de la facilité des déductions, il est préférable au contraire de partir d'un nombre d'éléments aussi grand que possible et ayant des propriétés très diverses. C'est là une observation très générale et qu'il importe de mettre bien en lumière.

La nature nous présente un nombre immense de phénomènes d'une diversité infinie. Nous devons tous les expliquer par le déplacement de quelque chose. Mais ce qui se déplace n'étant pas autrement défini, il y aurait évidemment avantage à choisir ces « éléments » aussi divers que possible; car plus il y aura de diversité dans les éléments et plus il sera aisé d'en déduire celle des phénomènes composés. Pour faire application de ces généralités à nos éléments et composés chimiques, nous sommes fort loin, pour le moment, de savoir expliquer complètement les propriétés des composés par celles des éléments; mais on conçoit que cela serait plus aisé, qu'il y aurait moins de chemin à faire pour aboutir à des matières qualitativement diverses, que si l'on devait résoudre tout en une matière unique : les propriétés des sulfites s'expliqueraient certes moins difficilement par celles du soufre, etc., que s'il fallait par exemple que tout fût ramené à l'hydrogène. En allant plus loin dans cet ordre d'idées, on aboutirait à peu près à une théorie comme celle des homéoméries d'Anaxagore qui supposait, on le sait, l'existence d'un nombre infini d'éléments ou de principes différant les uns des autres au point de vue qualitatif; mais non pas aux atomes de Leucippe et de Démocrite, formés tous d'une seule et même matière.

Ainsi, loin de pouvoir déduire l'unité de la matière du principe causal, nous constatons que ce dernier nous pousse dans

1. M. Berthelot. *Les origines de l'alchimie*. Paris 1885, p. 297.

la direction opposée. Mais peut-être cette déduction ne serait-elle pas impossible par une voie un peu plus détournée. Nous avons en effet admis, au cours de nos analyses, que la propriété la plus importante de la matière est celle d'être une cause de déplacement pour une autre matière. Ce qui semble confirmer cette déduction, c'est le fait que, depuis Locke, on s'accorde assez généralement à distinguer entre les qualités premières et les qualités secondes de la matière, en comprenant parmi celles-là, qu'on considère comme inséparables du concept lui-même, l'impénétrabilité. Mais d'où vient cette distinction? Est-il exact que, mentalement, nous puissions dépouiller le concept de matière de certaines propriétés et non d'autres? La matière, objet de nos sensations, a des qualités diverses ; elle est chaude, colorée, électrisée, aimantée, etc... Pouvons-nous faire abstraction de la première de ces qualités et supposer une matière qui n'aurait aucune température? Cela est proprement inconcevable, notre imagination s'arrête au corps qui, au toucher, ne nous donnerait ni la sensation du froid ni celle de la chaleur, c'est-à-dire dont la température se rapprocherait de celle de notre sang ; encore ce même corps nous donnerait-il une sensation calorique dans d'autres circonstances, si nous avions, par exemple, trempé préalablement la main dans de l'eau froide. Il en est de même pour la couleur, qui seule nous permet de *voir* la matière : toute vision est une vision de couleur, a dit Maxwell[1], après Berkeley du reste[2]. Sans doute, pour les états électrique et magnétique, nous ne pouvons nous livrer à la même analyse, car un organe de sensation immédiate correspondante nous fait défaut ; mais il est clair que la situation est la même et qu'il ne saurait exister de matière dépourvue de ces propriétés. En tant qu'objet de nos sensations, en tant que notion du sens commun, la matière est par conséquent un concept complexe qui doit se définir par l'ensemble des propriétés énumérées ci-dessus ; nous sommes obligés de les considérer toutes comme premières et l'on sait d'ailleurs que les idées à ce sujet ont varié : les péripatéticiens considéraient comme qualités premières le froid et le chaud, le sec et l'humide. Que si, au contraire, nous recherchions les propriétés concevables *a priori* l'impénétrabilité ne serait certainement pas du nombre ; nous

1. MAXWELL. *Scientific Papers*. Cambridge, 1890, vol. II, p. 267.

2. BERKELEY. *Works*, éd. Fraser, vol. Ier. *An Essay towards a New Theory of Vision*, § 130, 158.

avons vu que l'on ne parvient pas à la loger dans l'atome, à l'égard duquel elle apparaît comme une véritable qualité occulte. Donc en rangeant l'impénétrabilité parmi les qualités premières, on ne fait encore qu'obéir à la tendance qui nous pousse à considérer le phénomène mécanique comme primordial, à ramener les phénomènes au mécanisme.

Ainsi, la propriété d'être une cause de déplacement est bien, en vertu du principe de causalité, la plus importante d'entre celles que nous sommes forcés d'attribuer à la matière; et il est clair de ce chef que, si nous devions définir la matière par une propriété unique, c'est bien celle-là que nous choisirions. Mais pourquoi aurions-nous recours à une propriété unique? Le concept naturel de la matière, nous venons de le voir, est, au contraire, fort complexe; et puisque, à l'égard de l'atome, l'impénétrabilité apparaît comme une qualité occulte, on pourrait tout aussi bien y loger toutes les autres causes de nos sensations, ce qui, d'autre part, nous l'avons vu, faciliterait grandement les explications. Par conséquent, le principe de l'identité dans le temps ne saurait être invoqué pour expliquer ce trait important des théories mécaniques qu'est l'unité de la matière. Devrons-nous donc avoir recours à des principes obscurs et généraux, tels qu'une tendance vers l'unité ou vers la simplicité? Devrons-nous supposer avec Lotze que nos motifs sont d'ordre esthétique[1]? Est-il réellement possible d'attribuer à une cause de ce genre une tendance qui, en dépit d'obstacles immenses qu'elle semble ignorer comme à plaisir, se manifeste avec une vigueur si singulière, tendance qu'un métaphysicien très avisé et très informé des choses de la science a tout récemment qualifiée « d'irrésistible »[2]? Il semble qu'il doive y avoir là une cause plus profonde.

Partons de l'image de l'univers telle que nous la présente la théorie atomique courante : des masses corpusculaires ayant, en dehors de la faculté de se déplacer, le pouvoir de causer mutuellement leur déplacement, mais dépourvues de toute autre qualité. Essayons de leur en conférer une, soit pour fixer les idées, ce qu'on appelle en chimie l'atomicité ou valence, c'est-à-dire essayons de donner à un certain nombre d'entre ces atomes le pouvoir de s'attacher en quel-

1. Lotze, *l. c.*, p. 382.

2. A. Balfour. *Réflexions sur la théorie nouvelle de la matière*. Revue scientifique, 1er juille t1905, p. 11.

que sorte un nombre déterminé d'autres atomes. Tâchons de nous représenter, de réaliser cette nouvelle image : notre entendement ou, si l'on aime mieux, notre « imagination » résistera. Comment relier cette qualité à l'image de l'atome que nous avions formée, où la loger? Cela nous paraît mystérieux, l'atomicité, ainsi que maintes fois l'ont fait valoir les adversaires de ce concept, apparaît comme inexplicable. « Toute véritable force de la nature, dit Schopenhauer, est essentiellement *qualitas occulta*[1] ».

Arrêtons-nous à ce dernier terme. Jusqu'ici nous n'avions parlé d'explication qu'à propos des rapports des phénomènes dans le temps. Or, manifestement, il ne s'agit pas ici de ce rapport : ces atomes, aussi bien que la qualité dont nous prétendons les douer, tout cela doit être éternel, immuable, indépendant du temps. Cela ne devient pas, cela est. Ce n'est donc plus une explication du devenir que nous avons demandée, mais une explication de l'être.

La question a été traitée par Aristote dans le VIII[e] livre de sa *Physique*. Il s'agissait précisément, comme dans le cas qui vient de nous occuper, d'une qualité des atomes. Démocrite, pour expliquer leur agitation, affirmait, nous l'avons vu, qu'elle avait existé de tout temps. Aristote trouve cette explication insuffisante. « En général, dit-il, admettre que ce soit un principe et une cause suffisante d'un fait de dire que ce fait est toujours ou qu'il se produit toujours de telle ou telle manière, ce n'est pas du tout satisfaire la raison. » Et il ajoute : « C'est là cependant à quoi Démocrite réduit toutes les causes dans la nature, en prétendant que les choses sont actuellement de telle manière et qu'elles y étaient antérieurement. Mais quant à la cause de cet état éternel, il ne croit pas devoir la rechercher[2]. »

Aristote, on le voit, se sert du terme de « cause » bien qu'il s'agisse d'un « état éternel » ; il faut donc qu'il y ait là un rapport au moins très voisin de celui de la causalité proprement dite.

1. SCHOPENHAUER. *Ueber die vierfache Wurzel*, etc., Leipzig 1877, p. 46.

2. ARISTOTE. *Physique*, l. VIII, cap. I, § 27. On peut rapprocher de ce passage sa définition de la science dans les *Derniers analytiques*, l. I[er], cap. II, § 7 : « Nous pensons savoir les choses d'une manière absolue et non point d'une manière sophistique, purement accidentelle, quand nous savons que la cause pour laquelle la chose existe, est bien la cause de cette chose, et que par suite la chose ne saurait être autrement que nous la savons. »

Reportons-nous à l'énoncé du principe de la raison déterminante donné par Leibniz : « jamais rien n'arrive sans qu'il y ait une cause ou du moins une raison déterminante, c'est-à-dire quelque chose qui puisse servir à rendre raison *a priori* pourquoi cela est existant plutôt que de toute autre façon[1]. » La première partie de la formule « jamais rien n'arrive » paraît avoir trait au devenir seul, mais dans la seconde partie Leibniz, par une sorte de saut mental, va évidemment plus loin, puisqu'il demande une raison de ce qui « est existant ».

Un autre passage que nous empruntons à un opuscule récemment mis au jour par M. Couturat est peut-être plus clair encore. « C'est pourquoi, dit Leibniz, il faut rendre raison même des choses éternelles; si l'on suppose que le monde a existé depuis l'éternité et qu'il n'y a en lui que des globules, il faut rendre raison pourquoi ce sont des globules plutôt que des cubes[2]. »

Il n'est pas douteux que c'est au principe ainsi étendu qu'il pensait en protestant contre l'attribution aux substances de qualités quelconques. « Ainsi, dit-il, dans l'ordre de la nature (les miracles mis à part) il n'est pas arbitraire à Dieu de donner indifféremment aux substances telles ou telles qualités ; et il ne leur en donnera jamais que celles qui seront naturelles, c'est-à-dire qui pourront être dérivées de leur nature comme des modifications explicables[3]. » Wolf a donc réellement résumé les enseignements de son maître quand il a formulé : *Nihil est sine ratione cur potius sit quam non sit*, et cette formule qui, nous l'avons vu, a été adoptée textuellement par Schopenhauer[4], indique clairement qu'il s'agit de la raison de l'être et non de celle du devenir seulement.

Nous avons demandé tout à l'heure : pourquoi les choses ont-elles changé ? et la causalité nous a répondu : elles n'ont pas changé, elles sont restées les mêmes. Nous demandons maintenant : pourquoi, à supposer qu'elles soient telles de toute éternité, sont-elles ainsi et non autrement ? Évidemment, les deux questions répondent à un seul et même mode de la pensée. Le monde extérieur est pour nous une vérité de fait, une vérité fortuite; nous voudrions l'expliquer, le con-

1. Cf. plus haut, p. 15.

2. COUTURAT. *Sur la métaphysique de Leibniz,* Revue de métaphysique, vol. X, 1902, p. 3.

3. LEIBNIZ, *Opera,* éd. Erdmann. *Nouveaux Essais,* p. 203.

4. Cf. plus haut p. 16.

cevoir comme une vérité de raison, vérité nécessaire. Comment nous y prendrons-nous?

Revenons à notre concept de l'atome mécanique. Est-il réellement dénué de qualités? Non pas, il lui reste au moins une faculté, celle d'être une cause de mouvement pour d'autres atomes. Mais, en la discutant, nous avons, semble-t-il, démontré qu'elle ne saurait lui être attribuée, qu'elle est incompatible avec l'image que nous nous en faisons; c'est donc encore une « qualité occulte ». Pour nous rendre compte comment nous sommes parvenus à la reconnaître comme telle, nous n'avons qu'à considérer ce qu'est cette image de l'atome avec laquelle la faculté en question ne peut s'accorder. Que reste-t-il de l'atome corpusculaire si l'on enlève la force à distance et l'inpénétrabilité ? Il ne reste évidemment qu'un morceau de l'espace. « Je conçois comme atome, dit M. Lasswitz (c'est le passage dont nous avons déjà fait usage, en établissant le concept fondamental de l'atome corpusculaire) une partie mobile de l'espace, dont les parties géométriques sont en repos relatif les unes à l'égard des autres[1]. » Donc, nous avons en réalité cherché à concilier l'impénétrabilité avec les propriétés de l'espace, et nous avons finalement établi que l'on ne saurait la déduire de ces propriétés : c'est ainsi que nous avons pu la traiter de « qualité occulte ». Ce terme, en effet, ne saurait se définir que comme : ce qui ne fait pas partie du concept (Leibniz, dans le passage que nous venons de citer, dit : « qui pourront être dérivées de leur nature »). Il dépendra donc de la manière dont nous formerons le concept de matière, de sa définition, que telle ou telle qualité soit ou ne soit pas « occulte ». Ici, nous avons confondu la matière avec l'espace et, bien entendu, celui-ci étant absolument inerte, son concept excluant à la fois l'activité et la passivité, l'impénétrabilité et, à plus forte raison, l'action à distance sont devenues « qualités occultes ».

Pour s'en convaincre, il suffit du reste de considérer les indications de Descartes et de Locke au sujet des qualités premières. Descartes affirme que « la nature de la matière ou du corps pris en général ne consiste pas en ce qu'il est une chose dure ou pesante ou colorée ou qui touche nos sens de quelque autre façon, mais seulement en ce qu'il est une substance étendue en longueur, largeur et profondeur[2]. »

1. Cf. plus haut, p. 58.

2. DESCARTES. *Principes*, IIe partie, cap. IV.

Locke énumère comme suit « les qualités du corps qui n'en peuvent être séparées et qui produisent en nous des idées simples » : la solidité, l'étendue, la figure, le nombre, le mouvement ou le repos[1]. Ce sont là encore, si l'on excepte la première, des qualités purement spatiales. Locke d'ailleurs, pas plus que Leibniz dans ses discussions avec les cartésiens, n'essaiera d'établir que la solidité (Leibniz dit *impénétrabilité* ou *antitypie* et *puissance*) peut se loger réellement dans l'image spatiale. Il la pose par postulat en déclarant que le corps ne peut agir que par impulsion[2].

Donc, au point de vue logique, Descartes a raison contre Locke. On a dit fréquemment que Descartes annihile l'espace au profit de la matière, et cela est exact, car il n'existe pas d'espace chez lui en dehors de celui que remplit la matière. Mais c'est en réalité une assimilation bilatérale et si la matière résorbe l'espace, elle n'est en revanche elle-même autre chose que de l'espace hypostasié, puisque, nous venons de le voir, elle n'a d'autre propriété que la grandeur spatiale. Avec la prodigieuse vigueur de son esprit, Descartes, en cette question comme en bien d'autres, est allé du coup aux limites de la pensée humaine : il n'y a pas d'autre « explication » de la matière et de l'être en général (l'être intellectuel et moral, bien entendu, mis à part) que par l'espace, et c'est bien en vue de cette explication ultérieure, comme acheminement vers elle, tout comme nous l'avons vu pour le temps, que nous cherchons à éliminer de la matière toute « qualité occulte », c'est-à-dire toute propriété spécifique en général.

Descartes d'ailleurs, sur ce point, ne faisait que préciser les idées des anciens atomistes. Leucippe et Démocrite, nous dit Aristote, ne connaissent que trois différences, causes de tous les phénomènes : la forme, l'ordre et la position[3]. Il n'est pas douteux que le terme *forme* est employé ici dans le sens spatial ; ce sont donc des relations purement spatiales.

Si notre supposition est exacte, il doit évidemment se manifester dans la science moderne, parallèlement à la tendance à unifier la matière, une autre tendance vers la réduction de la matière à l'espace. C'est ce qui a lieu en effet.

Notons d'abord, à l'appui de notre affirmation, quelques

1. Locke, *Essai philosophique concernant l'entendement humain*, trad. Coste, 4e éd. Amsterdam, 1742, cap. viii, § 9.

2. *Ib.* cap. viii,, § 11.

3. Aristote. *Métaphysique*, l. Ier, cap. iv, § 13.

constatations directes d'observateurs attentifs. M. H. Poincaré proteste contre les exigences de certains partisans de théories mécaniques extrêmes, qui voudraient tout ramener à une matière « n'ayant plus que des qualités purement géométriques[1] ». Or cette matière, apparemment, n'est au fond que l'espace. M. Duhem, à propos de théories très différentes, constate également qu'elles tendent à réduire la matière à l'espace[2]. Le fait que ces deux savants autorisés considèrent ces tendances comme blâmables ajoute encore, si possible, au poids de leur témoignage.

Mais il y a plus, et il est possible, semble-t-il, de montrer qu'il ne s'agit nullement d'excroissances tératologiques de la science, mais de ses produits naturels. Tout le monde, en effet, sera d'accord pour constater dans la science un courant manifestement dirigé vers l'explication de la matière par un milieu universel remplissant l'espace. « Depuis longtemps, l'ambition plus ou moins avouée de la plupart des physiciens a été de construire avec la particule d'éther toutes les formes possibles de l'existence corporelle » dit M. Lucien Poincaré[3]. Cela commence immédiatement après Descartes qui, nous l'avons vu, avait assimilé explicitement la matière à l'espace : dès qu'on les différencie par nécessité, la tendance à les identifier se manifeste. Leibniz, dans sa *Theoria motus concreti*[4], expose que l'espace est rempli partout par une matière homogène fluide, incompressible ; cette matière est susceptible de mouvements tourbillonnaires et c'est à ces derniers seuls que sont dus tous les phénomènes du monde sensible. Malebranche expose des vues tout à fait analogues[5]. Il est presque inutile d'insister sur l'analogie entre ces théories et celles de certains physiciens modernes, notamment de Thomson et Tait et de Helmholtz, sur les atomes tourbillons. Mais ce n'est pas manquer de respect à ces grands noms de la science que de constater que la base expérimentale de ces conceptions était entièrement hors de proportion avec l'édifice qu'on prétendait

1. H. Poincaré. *Electricité et optique*, Paris 1901, p. 3.

2. Duhem. *L'évolution de la mécanique*, Paris 1903, p. 177-178.

3. Lucien Poincaré. *La physique moderne*, p. 278.

4. Leibniz. *Theoria motus concreti seu hypothesis nova*, Mayence 1671. *Mathematische Schriften*, éd. Gerhardt, vol. VI, p. 17 ss. Leibniz concevait cependant la nécessité d'un principe de différenciation (voir plus loin, p. 232).

5. Malebranche. *Réflexions sur la lumière et les couleurs*, Histoire de l'Académie Royale des sciences, année 1699, Mémoires, p. 22.

y ériger, et que le nombre des faits ou des rapports qu'elles étaient susceptibles d'expliquer était extrêmement réduit; il est surprenant qu'elles aient eu un succès considérable, et plus étonnant encore que leurs auteurs aient pu s'abuser sur leur valeur : ce fait seul nous ferait soupçonner au besoin qu'il doit y avoir là une secrète propension de l'esprit humain. Dans les tout derniers temps, le courant semble avoir encore gagné en force. Que l'éther doive, comme l'a dit Hertz, expliquer tout en dernière instance, même « l'essence de la vieille matière elle-même et de ses qualités les plus intimes de gravitation et d'inertie » et que cette explication soit « le but ultime de la physique[1] » c'est ce qui a paru, aux savants du XIX[e] siècle, le moins contestable des principes. Dans les théories électriques de la matière, autant qu'elles conservent la notion de l'éther, le nouvel atome, « l'électron », n'apparaît que comme un « point singulier dans l'éther[2] ».

Or, qu'est-ce au fond que l'éther ? Nous avons vu qu'au sujet de ses propriétés les suppositions les plus diverses, et bien souvent les plus contradictoires et les moins acceptables, ont été formulées par les physiciens. Mais il y a un trait qui domine toutes ces hypothèses : c'est que l'éther remplit l'espace ; c'est là sa fonction essentielle, celle en vue de laquelle il a été créé. Cette genèse a été fort clairement expliquée par M. H. Poincaré[3]. La lumière qui nous parvient d'étoiles lointaines met, nous le savons, un temps considérable pour arriver jusqu'à nous. Où est-elle pendant ce laps de temps ? Nous ne pouvons supposer qu'elle n'existe pas, car alors la lumière atteignant la terre ne serait plus la conséquence d'un fait immédiatement précédent, mais, directement et sans continuité, d'un fait séparé par un intervalle de temps, ce qui est inadmissible. Par conséquent, il faut bien qu'elle soit quelque part, et elle ne peut être que dans l'espace intermédiaire, espace qui, à d'autres égards, nous apparaît comme vide. Les propriétés que nous attribuons à l'éther sont donc en réalité celles du vide, ainsi que l'a dit Maxwell[4] et l'éther lui-même

1. HERTZ. *Ueber die Beziehungen zwischen Licht und Elektricitaet Gesammelte Werke*, Leipzig, 1895, vol. I[er], p. 352.

2. H. POINCARÉ. *l. c.*, p. 298, 301. LARMOR, *Aether and Matter*, Cambridge 1900, p. 171.

3. H. POINCARÉ. *La science et l'hypothèse*, p. 199.

4. MAXWELL. *Scientific Papers*, p. 323. « *These are some of the already discovered properties of that which has often been called vacuum or nothing at all.* »

n'est, comme l'a déclaré Helmholtz, qu'une hypostase de l'espace. Kant, d'ailleurs, avait déjà appliqué précisément le même terme au « fluide calorique » (*Waermestoff*) qui jouait, dans la physique de son temps, un rôle à peu près analogue à celui de notre éther [1].

Ainsi, la réduction à l'éther n'est au fond autre chose qu'une tentative de réduction à l'espace; et cette réduction constitue réellement le procédé par lequel nous cherchons à expliquer l'être matériel, à en déterminer la raison suffisante.

Constatons en même temps que, si la pensée maîtresse d'où découle cette tendance est analogue à celle qui engendre le principe de causalité proprement dit, le procédé est, lui aussi, strictement semblable. Quand nous avons voulu connaître le pourquoi du devenir, c'est-à-dire la raison des modifications qui se produisent dans le temps, la science nous a répondu que ce n'étaient que des modifications apparentes, que sous cette apparence se cachait une identité réelle. Nous voulons savoir maintenant le pourquoi de l'être, c'est-à-dire la raison de la diversité dans l'espace. De même que nous avons demandé tout à l'heure : pourquoi ce qui m'apparaît en ce moment diffère-t-il de ce qui m'est apparu au moment précédent ? nous demandons maintenant : pourquoi ce qui m'apparaît en tel lieu diffère-t-il de ce qui m'apparait en tel autre ? Dès lors, la seule réponse « rationnelle » est : cette différence n'existe pas, elle n'est qu'apparente, superposée à une identité réelle. Partout, que l'espace paraisse vide ou qu'il semble être au contraire rempli par des corps, il n'y a qu'un seul et même être [2], l'éther, « fluide continu, incompressible, non visqueux, de température uniforme et constante [3] », ainsi que les physiciens l'imaginent pour en tirer leurs théories — l'idéal étant en effet de le définir par des attributs purement négatifs, comme E. Du Bois-Reymond l'a expressément réclamé [4] et comme il convient à

1. Kant. *Vom Uebergange*, etc. Francfort, 1888, p. 111, 119, 121. On trouvera dans Lalande, *Lectures sur la philosophie des sciences*, p. 249-250, un passage de la *Physique* de l'abbé Nollet qui expose les opinions courantes vers le milieu du XVIIIe siècle, au sujet du fluide calorique. Cf. aussi Rosenberger, *Geschichte*, vol. III, p. 38.

2. M. Bergson (*Matière et Mémoire*, 3e éd., p. 223) a admirablement saisi que le caractère essentiel des explications de la matière par l'éther est de faire évanouir « la discontinuité que notre perception établissait à la surface ».

3. Duhem. *L'évolution de la mécanique*. Paris, 1903 p. 171.

4. E. Du Bois-Reymond. *Reden*. Leipzig 1886-1887, p. 109.

une hypostase de l'espace. Il va sans dire du reste qu'étant conçu de cette façon, il n'est susceptible d'aucun changement réel. Dans un milieu doué de qualités purement négatives, les parties ne sauraient se différencier. Comment dès lors un mouvement y serait-il possible, comment y concevoir les anneaux de Thomson et de Helmholtz ou les points singuliers de M. Larmor? Par quoi l'éther des uns et des autres peut-il se distinguer de l'éther environnant? Leibniz a dit que « si l'on pose le plein et l'unité de la matière, en y ajoutant le mouvement seul, les choses équivalentes se substituant constamment les unes aux autres, l'état d'un moment ne sauroit être distingué de l'état d'un autre, pas même par un ange, et par conséquent il ne sauroit exister de variété dans les phénomènes[1] », et c'est encore la même idée qu'exprime M. Russell en déclarant que « tant qu'on fait abstraction de la matière, une position est absolument indiscernable d'une autre et une science des relations est impossible. Pour que des relations spatiales puissent apparaître, il faut détruire l'homogénéité de l'espace vide et c'est la matière qui doit le détruire[2] ». Ces conceptions sont tellement contradictoires qu'elles n'ont pu naître, tout comme celle de l'atome corpusculaire, qu'à la commande d'une tendance apriorique. C'est qu'en effet, comme nous l'avons vu précédemment pour le mouvement, nous *voulons* qu'il y ait là à la fois différenciation et identité, et cette volonté est créatrice d'illusions. C'est pourquoi l'éther est pour ainsi dire à double face. D'une part nous entendons qu'il explique les phénomènes, et dès lors nous lui attribuons les propriétés susceptibles d'engendrer la diversité que nous sommes forcés de supposer à l'espace vide, par suite de la propagation de la lumière et de l'électricité, etc... et, d'autre part, nous lui enlevons toute qualité, pour pouvoir l'assimiler à l'espace. C'est bien là une de ces supercheries (comme l'unité de l'atome, l'état de « puissance ») que nous avons coutume de commettre inconsciemment quand il s'agit de satisfaire à notre tendance causale.

L'analogie profonde entre les deux tendances ou plutôt la

1. LEIBNIZ. *Philosophische Schriften*, éd. Gerhardt, vol. II, p. 295. *Lettre à Des Bosses*, 2 fév. 1706.

2. RUSSELL. *Essai sur le fondement de la géométrie*, trad. CADENAT. Paris 1901, p. 97. On peut rapprocher ce passage de celui de Berkeley que nous avons cité p. 115 ; étant donné que la matière unifiée se confond avec l'espace, les arguments contre l'espace absolu vidé de tout contenu matériel trouvent ici leur application.



continuité absolue de la pensée maîtresse d'où elles sont issues se révélera mieux encore si nous suivons l'évolution que les concepts de temps et d'espace subissent par le fait des explications successives du devenir et de l'être. Nous avons commencé par considérer le temps et l'espace comme homogènes tous deux par rapport aux lois : nous avons posé en même temps l'identité des corps dans leur mouvement à travers l'espace. Ces trois conditions caractérisent la partie empirique de la science, la science des lois. Postulant ensuite l'identité des corps dans leur mouvement à travers le temps, nous sommes parvenus à la notion de cause et avons vu naître la partie rationnelle de la science, la science des hypothèses. Mais parvenus là, l'analogie entre le temps et l'espace que nous avons cru rétablir par cette opération se montre au contraire troublée une fois de plus. Les corps, identiques à travers le temps, sont aussi immobiles dans le temps, alors que, identiques à travers l'espace, ils pouvaient encore s'y mouvoir. Par suite du fait que le temps n'a qu'une seule dimension le long de laquelle tout se meut d'un mouvement uniforme dans la même direction, le postulat de l'identité des corps à travers le temps, qui constitue la causalité, vide pour ainsi dire du coup le temps de son contenu. Les instants successifs sont devenus identiques ; mais, dans l'espace, les parties se distinguent encore par les corps qui les remplissent. Cette fois l'identification est donc plus complète pour le temps que pour l'espace. Alors « l'explication » continue son œuvre et ramène définitivement l'espace à la condition du temps, en identifiant toutes ses parties.

C'est à cette dernière identification que les hypothèses mécaniques doivent l'unité de la matière qui les caractérise, cette unité n'étant d'ailleurs qu'un acheminement vers la réduction de la matière à l'espace. Les deux tendances en effet ont encore ce trait commun que, le but visé par notre entendement lui paraissant excessivement éloigné, il est tout prêt à se contenter de satisfactions partielles, quelque minimes et quelque imaginaires même qu'elles puissent être. Tout progrès, même purement apparent, dans l'une ou l'autre de ces directions nous apparaît toujours comme une « explication » ; et l'on voit fort bien comment Aristote a pu, à un moment donné, les confondre et désigner par le terme de cause ce qui n'avait manifestement aucun rapport avec l'identité dans le temps.

Obéissant aux deux tendances, nous avons, de théorie en

théorie et d'identification en identification, fait complètément disparaître le monde réel. Nous avons d'abord expliqué, c'est-à-dire nié le changement, identifiant l'antécédent et le conséquent, et la marche du monde s'est arrêtée. Il nous restait un espace rempli de corps. Nous avons constitué les corps avec de l'espace, ramené les corps à l'espace, et les corps se sont évanouis à leur tour. C'est le vide, « rien du tout » comme dit Maxwell, le néant. Car le temps et l'espace se sont dissous. Le temps, dont le cours n'implique plus de changement, est indiscernable, inexistant ; et l'espace, vide de corps, n'étant plus marqué par rien, disparaît aussi.

Il ne pouvait en être autrement. Nous avons cherché le pourquoi du monde réel, et nous l'avons fait à l'aide du principe d'identité. La source ultime de toute réalité ne peut donc être qu'éternellement identique à elle-même, aux parties indiscernables : c'est bien, cette fois, la sphère de Parménide. Mais, d'autre part, comment cette chose en soi, n'ayant aucune diversité, entrerait-elle en rapport avec ce monde divers? « Il est trop clair, dit avec raison Renouvier, que la matière uniforme homogène et immobile n'est ni cause ni raison de quoi que ce soit au monde[1]. » N'étant cause de rien, n'agissant pas, elle est comme si elle n'était pas et par conséquent s'évanouit.

Nous pouvons, par une autre voie encore, rendre sensible la logique de ce résultat. Le raisonnement causal, de par son essence, tend à remonter à une cause ultime, puisque chaque cause découverte devient aussitôt, par ce fait même, une conséquence dont il faut rechercher la cause à son tour. Or, que peut être cette cause ultime ? Elle ne peut être, pour parler avec Spinoza (qui n'a d'ailleurs fait que reproduire une expression de saint Anselme) qu'une chose qui soit cause de soi, *causa sui*, c'est-à-dire « ce dont l'essence enveloppe l'existence[2] ». Donc, aboutir au néant, c'est simplement constater qu'il est impossible de trouver cette *cause de soi*.

Est-ce donc là l'ultime résultat de la science et ne nous reste-t-il, comme à l'hiérophante de Saïs, que le regret d'avoir d'une main téméraire arraché à la vérité ses voiles ? Pour qu'il en fût ainsi, il faudrait d'abord, semble-t-il, que cette constatation fût réellement au bout de la science. Or, il n'en est rien. Le mécanisme n'est pas le fruit de la science, il est né

1. RENOUVIER. Critique philosphique, vol. XI, 1, p. 188.
2. SPINOZA. *Opera*, La Haye 1887, *Ethique*, I, 39.

en même temps qu'elle. Dès le début de la science, nous le trouvons constitué, prêt, y compris ce dernier terme, l'unité de la matière. On a prétendu écarter l'analogie entre les atomes des anciens et les nôtres, en affirmant que les premiers étaient chimériques alors que l'existence des seconds serait démontrée expérimentalement : nous savons qu'il n'existe, à ce point de vue, entre les uns et les autres, que des différences de degré. Le mécanisme n'a pas pour origine l'expérience, ses racines plongent dans ce qui est la base de la science elle-même, dans ces notions métaphysiques initiales qui conditionnent notre savoir tout entier. Spinoza l'a clairement aperçu quand, à l'encontre de Boyle, il a affirmé que le mécanisme se démontre par « la raison et le calcul », et non pas par des expériences de chimie[1]; Leibniz, sur ce point comme sur bien d'autres, s'est trouvé d'accord avec lui et, par exception, il l'a même expressément reconnu : « Spinoza (que je ne fais point de difficulté de citer quand il dit de bonnes choses) dans une de ses lettres à feu M. Oldenbourg, secrétaire de la Société royale d'Angleterre, imprimées parmi les œuvres posthumes de ce juif subtil, fait une réflexion approchante sur un ouvrage de M. Boyle[2] qui s'arrête un peu trop, pour dire la vérité, à ne tirer d'une infinité de belles expériences d'autre conclusion que celle qu'il pourrait prendre pour principe, savoir que tout se fait mécaniquement dans la nature, principe qu'on peut rendre certain par la seule raison et jamais par les expériences, quelque nombre qu'on en fasse[3] ».

Le mécanisme et son aboutissement ultime, la réduction de la réalité au néant, font partie intégrante de la science : c'est que celle-ci, en effet, ne saurait se soustraire complètement à la domination du principe d'identité qui est la forme essentielle de notre pensée. Mais loin de se prêter passivement à ses dictées, elle y résiste avec force, ainsi que nous allons le voir.

1. Spinoza. *Opera*. vol. II. Ep. VI (à Oldenburg).

2. Il s'agit probablement du traité intitulé *The Origin of Forms and Qualities according to Corpuscular Philosophy*, paru en 1666.

3. Leibniz. *Opera*, éd. Erdmann. *Nouveaux Essais*, l. IV, § 13.

CHAPITRE VIII

LE PRINCIPE DE CARNOT

Le principe qui porte le nom de Sadi Carnot date du précieux opuscule paru en 1824 et intitulé *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, opuscule qui constitue le seul titre scientifique de cet homme de génie enlevé si prématurément et dont l'œuvre, au témoignage de Lord Kelvin et de M. Lippmann [1], n'a été dépassée par aucune autre dans le courant du XIX[e] siècle. Carnot énonce ce principe sans emphase aucune, pour ainsi dire en passant; il semble ne l'apprécier que parce qu'il lui permet de formuler des règles pour le fonctionnement des machines thermiques, dont l'établissement est le seul but ostensible de son travail; à y regarder de plus près, on s'aperçoit cependant qu'il avait conçu le principe dans toute sa généralité et qu'à ce point de vue la postérité n'a pu y ajouter que fort peu de chose.

Il est possible qu'en dépit de la merveilleuse clarté et simplicité de l'opuscule, la manière dont Carnot avait exposé ses idées ait contribué au peu de compréhension dont témoignèrent à leur égard ses contemporains et à l'oubli étrange auquel elles furent vouées pendant plus de trente ans; la façon dont Clapeyron exposait l'enseignement de son maître, y fut sans doute aussi pour beaucoup, comme on l'a remarqué; enfin, à partir des travaux de Mayer et de Joule, le fait que Carnot avait cru devoir s'en tenir à la conservation du calorique (bien qu'il eût déjà, à cette époque même, conçu la chaleur comme un mouvement [2]) contribua également à détourner l'attention. Mais nous verrons tout à l'heure que cet accueil s'explique peut-être aussi par l'action d'une cause plus profonde.

1. LIPPMANN. *Cours de Thermodynamique*. Paris, 1886, p. 3.
2. Cf. plus haut, p. 175, note 2.

Clausius qui, au début de ses travaux, ignorait ceux de son illustre prédécesseur, refit la découverte ; il eut en outre le grand mérite d'établir que ce principe pouvait s'accorder avec celui de la conservation de l'énergie ; enfin il en précisa l'énoncé, en tant qu'applicable plus spécialement aux phénomènes de la thermodynamique, de manière à le mettre à l'abri de certaines objections. Clausius a d'ailleurs été amené lui-même, par la suite, à modifier son énoncé primitif et d'autres modifications ont été proposées depuis. C'est avec les travaux de Clausius que le principe entra définitivement dans la science où son immense importance et sa grande fécondité furent bientôt reconnues. C'est pourquoi on le désigne quelquefois sous le nom de principe de Clausius ou encore de Carnot-Clausius, quoique Clausius lui-même, reconnaissant les droits incontestables de son prédécesseur, ne lui ait attribué que le nom de ce dernier.

Le principe est formulé par M. Duhem en ces termes : « La valeur de transformation d'une modification est égale à la diminution que subit, par cette modification, une certaine grandeur liée à toutes les propriétés qui fixent l'état du système, mais indépendante de son mouvement [1]. » Cette grandeur est ce qu'on appelle l'*entropie* du système et sa conception est éminemment liée, pour les phénomènes caloriques, à celle de la température, ce qui aboutit à investir cette propriété d'un rôle tout à fait particulier et très essentiel. M. Poincaré formule plusieurs énoncés dont le plus bref est celui-ci : « Il est impossible de faire fonctionner une machine thermique avec une seule source de chaleur [2]. » Le terme « source » indique ici généralement un corps ou un ensemble de corps susceptibles de céder de la chaleur ou de se la faire céder et il faut, pour qu'une machine thermique fonctionne,

1. DUHEM. *L'évolution de la mécanique*, p. 111. — M. MOURET (notes à la traduction de MAXWELL, *La chaleur*. Paris, 1891, p. 199) constate que le principe de Carnot « a reçu maints énoncés, preuve que le fait qu'il exprime est mieux senti que compris ». M. DASTRE (*La vie et la mort*, Paris, s. d., p. 87) dit : « Il est très remarquable qu'on ne puisse donner un énoncé très général de ce principe dont la puissance a changé la face de la physique. »

2. H. POINCARÉ. *Thermodynamique*, p. 120. Cet énoncé présente l'avantage de se rapprocher de très près des idées propres de Carnot. Ce dernier ne se sert pas du terme *source*, mais la définition qu'il donne des termes *foyer* et *réfrigérant* dont il use, est entièrement conforme au concept de source chez les physiciens modernes (Cf. *Réflexions*. Paris, 1903, p. 17).

qu'il y ait deux sources, une source chaude et une source froide. Par cet énoncé, on voit peut-être plus directement encore que par celui de M. Duhem que ce principe repose sur ce que M. Poincaré appelle « l'axiome de Clausius » : « On ne peut faire passer de chaleur d'un corps froid sur un corps chaud. » C'est sous cette forme que Clausius a énoncé tout d'abord ce que nous désignons comme le principe de Carnot. On pourrait peut-être l'appeler aussi l'axiome de Carnot, car si Carnot ne l'a pas formulé en ces termes, c'est sans doute parce qu'il le considérait comme suffisamment évident en lui-même ; mais on ne saurait contester que ce ne soit là le véritable fond de son opuscule, ainsi qu'il appert notamment de la comparaison qu'il établit entre la hauteur d'une chute d'eau et la différence de température entre deux corps [1].

Cette assimilation très profonde qui est, comme on sait, la véritable clef de voûte de la thermodynamique nous permettra de reconnaître la nature de cet « axiome ». Est-il ce que Leibniz appelait une vérité « de raison » ?

Nous avons vu que la gravitation des corps, leur tendance à se rapprocher de la terre, ne se déduit aucunement de considérations de masse et de mouvement ; il en est de même pour notre proposition. Les physiciens, conscients du rôle considérable que les théories cinétiques ont joué dans le domaine de la thermodynamique, ont souvent, très justement du reste, fait ressortir que le principe de Carnot en est complètement indépendant et que les suppositions sur la nature mécanique de la chaleur n'ont nullement contribué à le faire découvrir [2]. Nous verrons même tout l'heure que, comme pour

1. S. Carnot, *l. c.*, p. 28.

2. Duhem, *l. c.*, p. 362. — Hannequin (*l. c.*, p. 140-141) a été au contraire d'avis que le principe de Carnot aurait dû être prévu par la théorie mécanique, étant donné que l'espace offre aux atomes la possibilité de s'enfuir. — Sans doute, des progrès dans la déduction sont possibles, témoin les mathématiques : mais dans les sciences physiques, où il s'agit de déductions peu compliquées, on fait bien, en thèse générale, de se méfier de ces conclusions qu'affectionnait Herbert Spencer et qui impliquent plus ou moins l'inintelligence de ceux qui ont raisonné dans le passé. Si la chose n'a pas été prévue, il y a gros à parier qu'elle était impossible à prévoir, c'est-à-dire qu'il n'y a pas là une déduction pure, mais qu'il y entre des éléments empiriques. — Par le fait, les atomistes, s'ils supposaient l'espace infini, posaient en même temps, du moins implicitement, une infinité actuelle d'atomes, de sorte que ceux qui s'enfuyaient étaient remplacés par d'autres venant de l'infinité de l'espace. Cf. Lucrèce, I. I, V. 1050 : *Infinita opus est vis undique materiai*, qui sert précisément de conclusion à une démonstration où la nécessité d'un nombre infini d'atomes est déduite de la persistance des lois et des choses dans le temps.

la gravitation, on se heurte à des difficultés considérables, peut-être invincibles, si on cherche à mettre ce principe d'accord avec le mécanisme.

Peut-on dire que l'axiome soit implicitement contenu dans notre concept même de la chaleur ? Sans doute, car ce concept, tout comme celui de matière, est complexe, et embrasse un ensemble de propriétés dont la plus essentielle est évidemment une tendance à se communiquer. Mais, à l'origine, la chaleur est une sensation que nous transformons en qualité. On pourrait objecter que nous ne ressentons la chaleur que parce que le corps chaud tend à nous la communiquer ; mais le fait que, quand je touche un objet chaud, sa température diminue et celle de mon épiderme augmente, est une observation et, comme telle, n'a rien à faire avec ma sensation immédiate, pour laquelle la chaleur est quelque chose comme la rougeur ou la rondeur : je dis : un corps chaud, un corps froid, dans le même sens où je dis : un corps rouge ou un corps rond. Quand je me figure un corps chaud touchant un corps froid, il n'y a pas plus de « raison » pour que la chaleur passe de l'un à l'autre qu'il n'y en a pour que la rougeur d'un corps passe à un autre qui est vert ou la rondeur à celui qui est rectangulaire. Le fait que la chaleur ait une tendance invincible à « déteindre », comme nous dirions s'il s'agissait de la couleur d'un objet, est d'observation pure, tout comme le fait que les corps tendent à tomber. Et l'on peut se convaincre, pour pousser l'analogie plus loin, que le concept de corps lourd n'inclut nullement, contrairement à ce qu'on affirme quelquefois, celui de mouvement. En le formant, nous pensons à notre effort qui est, en effet, une sensation immédiate; mais cette sensation est totalement différente de celle du mouvement, elle en est indépendante et ne saurait s'en déduire.

D'ailleurs, pour la gravitation comme pour la chaleur, l'évidence ne s'établit que tant qu'il s'agit de phénomènes simples; notre conviction est ébranlée dès qu'ils se compliquent. Qu'un corps doive tendre à tomber constamment et ne puisse point remonter par son propre poids, cela nous semble incontestable; pourtant notre entendement ne parvient pas, sans le secours du principe de causalité, à concevoir comme impossible *a priori* le mouvement perpétuel, même purement mécanique, pourvu qu'il soit réalisé par des moyens compliqués (p. 189). De même, nous demeurons bien assurés que la cha-

leur ne saurait passer directement d'un corps froid à un corps chaud. Mais Clausius lui-même a fort bien vu que cette conviction ne subsiste que dans les « circonstances ordinaires ». Déjà dans le rayonnement, dit-il, on peut se demander si par une concentration artificielle de rayons de chaleur à l'aide de miroirs ou de verres ardents il ne serait pas possible d'engendrer une température plus élevée que celle du corps qui émet ces rayons et de faire ainsi que de la chaleur passe dans un corps plus chaud[1]. On sait d'ailleurs que des discussions multiples ont eu lieu, dans la suite, sur la question de savoir si le principe de Carnot était valable en toutes circonstances ; et nous verrons tout à l'heure qu'un esprit des plus éminents, un des fondateurs de notre thermodynamique actuelle, a formulé des propositions qui impliquent la négation directe de l'axiome de Clausius. Si l'on veut bien y réfléchir, on trouvera que, pour notre sentiment immédiat, le fait qu'un corps puisse recevoir des quantités considérables de chaleur sans que sa température en soit modifiée, comme nous le voyons pour la neige fondante, est à peu près aussi surprenant que le serait le passage de la chaleur d'un corps froid à un corps chaud.

L'axiome nous révèle donc une vérité de fait, une manière d'être des corps chauds. Cette vérité nous apparaît comme tout à fait générale, essentielle, en ce sens qu'elle conditionne tous les phénomènes de la chaleur. Dans les manuels, on a pris l'habitude de ne traiter des phénomènes de cet ordre qu'à la suite de considérations passablement compliquées sur des phénomènes thermodynamiques ; mais, en réalité, comme l'ont bien fait ressortir MM. Ariès[2] et Mouret[3], cette méthode d'exposition, justifiée au point de vue historique, ne l'est pas au point de vue logique. On peut d'ailleurs facilement se rendre compte que notre axiome est explicitement postulé dès le début de la physique de la chaleur. Comment arrive-t-on à définir la température ? « Par définition, dit M. Poincaré, deux corps sont à des températures égales ou en équilibre de température lorsque, mis en présence, ils n'éprouvent aucune variation de volume[4] ». Cela suppose évidemment que des corps, mis en présence, tendent toujours à établir entre eux une

1. Clausius. *Theorie mécanique de la chaleur*. Paris, 1868, p. 315.

2. Ariès. *Chaleur et énergie*. Paris, s. d., p. 12 ss.

3. G. Mouret. *L'entropie*. Paris, 1896, p. 4.

4. H. Poincaré, *l. c.*, p. 16.

température égale ou un équilibre de température : c'est bien « l'axiome de Clausius ».

Cette manière d'être des corps chauds nous apparaît en même temps comme très particulière. Si nous considérons un corps rond ou rouge, sa qualité nous fait sans doute l'effet de quelque chose qui peut changer sans que la substance du corps se modifie ; ce sont, selon la terminologie scolastique, des accidents. Mais ces accidents ne portent en eux-mêmes aucune tendance au changement. Il n'en est pas ainsi de la chaleur ; deux corps de température diverse mis en présence, au lieu de conserver chacun sa qualité, réagissent immédiatement l'un sur l'autre, tendent à modifier chacun sa propre qualité et celle de l'autre. Il y a donc là une tendance vers la modification de ce qui existe, dans le sens d'un état futur non réalisé et que nous désignons par le terme d'équilibre. Que Carnot ait reconnu (plus clairement peut-être que Clausius et que beaucoup d'entre ses successeurs) la généralité et la nature précise du principe à ce point de vue, c'est ce que M. Mouret a clairement établi [1]. Assez récemment, M. Helm a formulé un principe en apparence plus général que celui de Carnot [2] ; des savants tels que M. Ostwald [3] et des philosophes tels que M. Lasswitz [4] ont paru y attribuer une grande importance. Sans vouloir contester qu'il y ait là une tentative intéressante au point de vue de la précision et du parallélisme de certaines nomenclatures, ce principe ne nous semble pas, cependant, ajouter grand'chose à la notion de l'établissement ou du rétablissement de l'équilibre de Carnot.

Le principe de Carnot se distingue nettement, par sa forme extérieure, des énoncés habituels de la science. Principes ou lois se formulent généralement comme des égalités ; or, il n'est pas possible de réduire le principe de Carnot à cette forme. Les physiciens qui l'ont constaté en ont manifesté parfois quelque gêne, au point qu'on a essayé d'atténuer ce qui apparaissait presque comme une anomalie choquante, en faisant remarquer que la précision des lois est toujours limitée par des erreurs d'observation. Mais M. Poincaré s'est parfai-

1. G. Mouret, *Sadi Carnot et la science de l'énergie*. Revue générale des sciences, vol. III, 1892, p. 467 ss.

2. Cf. Georg Helm. *Die Lehre von der Energie*. Leipzig, 1887 p. 61 ss.

3. Ostwald. *Vorlesungen ueber Naturphilosophie*. Leipzig, 1902, p. 246-265.

4. Lasswitz. *Wirklichkeiten*, 2e éd. Leipzig, 1903, p. 105 ss.

tement rendu compte qu'il y avait à cette anomalie une raison plus profonde, inhérente à la nature même du principe[1]. Cette raison, pour nous, découle aisément de ce qui précède. Nous avons vu, en effet, que non seulement les principes de conservation, mais encore les énoncés de la science en général sont conçus avec la préoccupation constante, bien que latente, de la causalité, de l'identité dans le temps. D'où la tendance à donner, à la règle qui détermine les modalités du changement, une forme qui fasse ressortir ce qui demeure à travers le changement, tendance qui se manifeste extérieurement par l'équation, où ce changement se trouve pour ainsi dire supprimé, escamoté. Le principe de Carnot est au contraire clairement un énoncé non de conservation, mais de changement. Il affirme non pas une identité, même apparente, mais une diversité. Étant donné un état, ce principe établit qu'il *doit* se modifier et dans quelle direction. C'est un principe du devenir, *des Geschehens*, comme le dit fort bien M. Ostwald à propos du principe de M. Helm, employant un terme qui n'a pas d'équivalent exact en français. C'est là son originalité et c'est ce qui explique sa grande fécondité dans la science.

A l'encontre des illusions d'identité que les théories mécaniques, les principes de conservation et même la forme des lois en général tendent à faire naître, le principe de Carnot stipule que l'univers entier se modifie avec le temps, dans une direction constante. C'est ce que Clausius a formulé avec beaucoup de netteté : « On entend fréquemment dire que tout dans le monde a un cours circulaire. Pendant que des transformations ont lieu dans un sens, en un lieu déterminé et à une certaine époque, d'autres transformations s'accomplissent en sens inverse, dans un autre lieu et à une autre époque, de sorte que les mêmes états se reproduisent généralement et que l'état du monde reste invariable, quand on considère les choses en gros et d'une manière générale. Le monde peut donc continuer à subsister éternellement de la même façon. — Quand le premier principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur fut énoncé, on pouvait peut-être le considérer comme une confirmation éclatante de l'opinion mentionnée... Le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur contredit cette opinion de la manière la plus formelle... De là résulte que l'état de l'univers doit

1. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, p. 162.

changer de plus en plus dans un sens déterminé[1]. » Le monde marche vers une fin, bien que celle-ci puisse nous paraître infiniment éloignée.

Nous avons vu que les principes de conservation présentent ce caractère commun d'être quelquefois pressentis par notre entendement et toujours facilement accueillis par lui. On ne sera pas surpris de constater que le principe de Carnot, qui en est la contre-partie, ne participe nullement à cette « plausibilité ». La science l'a certainement accepté avec beaucoup de difficulté. Il est déjà étrange de remarquer combien ce principe a paru tardivement. Sans doute, la conservation de la matière est, en soi, un énoncé fort simple. Mais, enfin, elle affirme une chose qui, à première vue, semble contraire à un grand nombre de phénomènes que nous observons sans cesse, tels que l'ébullition ou la combustion. L'inertie est une conception paradoxale et, d'ailleurs, nullement confirmée par l'expérience directe. Mais si, à la rigueur, on comprend que ces deux principes aient été formulés avant celui de Carnot, il est, à première vue, très difficile de s'expliquer l'antériorité du principe de la conservation de l'énergie, proposition compliquée, à peu près impossible même à formuler dans certains cas. Le fondement du principe de Carnot, l'axiome de Clausius : la chaleur passe d'un corps chaud à un corps froid et non en sens inverse, constitue au contraire un énoncé simple qui résume un nombre infini d'observations que nous faisons à tout instant. Sa place réelle, nous l'avons vu, est tout au commencement de la physique de la chaleur. Pourtant, la conservation de l'énergie, pressentie par Descartes, est énoncée, quoique sous une forme très hypothétique, dès la fin du XVII[e] siècle, par Huygens et Leibniz. Ce n'est que plus d'un siècle plus tard que Sadi Carnot formulait son principe et il fallut attendre trente ans encore pour que son importance commençât à être reconnue.

Nulle part, avant Carnot, nous ne trouvons un véritable pressentiment de son principe ; tout au plus pourrait-on citer des analogies lointaines. Ce qu'il y a de plus connu et aussi de plus important dans cet ordre d'idées, ce sont les passages où Héraclite proclame le πάντα ῥεῖ, le flux éternel des choses. « Héraclite dit que tout passe et que rien ne subsiste, et, comparant les choses au courant d'un fleuve, il prétend que l'on n'entre pas

1. R. Clausius. *Le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur.* Revue des cours scientifiques, 1868, p. 158.

deux fois dans le même fleuve ». « Tout ce qui existe est en mouvement et rien ne demeure. » Cependant Héraclite était convaincu que ce flux était circulaire, que le courant revenait à son point d'origine. C'est peut-être la partie de sa doctrine que nous connaissons le mieux et qui nous est garantie par les fragments les moins obscurs. Il avait donné à cette doctrine de l'éternel retour une expression saisissante en imaginant la « grande année » au bout de laquelle tous les événements devaient recommencer[1]. Il y a donc là une différence fondamentale entre ses idées et celles qui résultent pour nous du principe de Carnot, ces dernières nous faisant envisager un changement continuel d'où toute supposition de retour est exclue. — On peut aussi citer à ce propos Aristote parlant de l'être « qui tend à s'accomplir » de manière que « d'homme on ne devient point enfant[2] », ce qui semble dénoter qu'Aristote avait le sentiment net que le cours des phénomènes s'accomplit dans une direction déterminée, comporte quelque chose d'irréversible. Dans le même ordre d'idées encore rentrent les conceptions de Léonard de Vinci et de Cardan, cités par M. Duhem, sur la force qui désire le repos, conceptions qui proviennent d'ailleurs de la physique des scolastiques et par cette voie également d'Aristote[3]. Dans un ordre d'idées un peu différent, et comme se rapportant à la représentation mécanique du principe de Carnot plutôt qu'au principe lui-même, on peut citer l'hypothèse d'Anaxagore sur l'uniformité par le mélange d'éléments hétérogènes[4], et un passage de Descartes où il affirme que le mouvement doit passer plus souvent des corps plus grands aux plus petits qu'inversement[5]. Si curieux que soient certains de ces énoncés, il est évident qu'ils ne se rattachent que très indirectement à ce que nous appelons le principe de Carnot.

Le long oubli dans lequel les idées de Carnot tombèrent, jusqu'au moment où elles furent exhumées par Clausius, est

1. Cf. plus loin p. 248 et Appendice IV, p. 426.

2. Aristote. *Métaphysique*, l. II, cap. II, § 8.

3. Duhem. *Origines de la statique*, p. 53, 58-60.

4. Cf. P. Tannery. *Pour l'histoire de la science hellène*. Paris 1887. p. 206-287. — Il faut noter cependant que, pour Anaxagore, le sens de l'évolution était exactement le contraire de celui que nous sommes obligés de supposer d'après le principe de Carnot ; il affirmait que tout était confondu au début et que les choses se sont différerenciées dans la suite, sous l'influence d'une intelligence (*ib.*, p. 298 fragment 8).

5. Descartes. *Principes*, IIIe partie, cap. LXXXVIII.

également remarquable. Carnot n'était pas, comme J. Rey ou J. R. Mayer, un homme censé n'être pas « du métier »; au contraire, nul ne contestait sa compétence. Son opuscule ne passa pas inaperçu et les applications pratiques que Carnot avait faites de son principe demeurèrent dans la science[1]. Clapeyron, c'est entendu, dénatura l'enseignement du maître; mais il faut bien supposer que lui et ses contemporains firent preuve d'un étrange manque de compréhension à l'égard de cet enseignement.

L'impression qui se dégage de cet historique se trouve confirmée si nous tournons nos regards vers la science contemporaine. Nous avons parlé plus haut de la place que le principe occupe dans les manuels. Évidemment, dès le début, l'irréversibilité de la communication de la chaleur est implicitement affirmée. Mais on dirait qu'on tient, à dessein, à laisser le plus longtemps possible cette vérité dans l'ombre. Nous avons vu, en examinant les principes de conservation, de quels semblants de démonstrations on a coutume de se contenter à leur égard et comment on n'hésite jamais à avoir recours aux extrapolations les plus vastes. Que l'on compare à ces généralisations hâtives la manière dont on croit devoir procéder à l'égard du principe de Carnot. La démonstration, admirable de rigueur et de prudence, donnée par M. Poincaré dans sa *Thermodynamique*, est un véritable modèle du genre. Le contraste est peut-être plus marqué encore si, abandonnant la vraie science, nous nous tournons vers les résumés populaires. Tant qu'il s'agit des principes de conservation, nulle généralisation ne semble trop vaste, nulle métaphore trop hardie. Que l'énergie (on dit encore quelquefois la *force*, parce que ce terme semble embrasser davantage), que la matière (terme dont le vague est propice à souhait) persistent, cela semble vraiment une garantie que ce qui a été, est et continuera d'être, que « rien ne naît ni ne périt », qu'il « n'y a rien de nouveau sous le soleil ». Quant au principe de Carnot et à la démonstration de l'irréversibilité qui en fait le fond, ils sont généralement ou passés sous silence ou « expliqués » de manière à rétablir l'identité[2]. On

1. Carnot se trouve entre autres cité comme autorité par HELMHOLTZ dans son célèbre travail de 1847 sur la conservation de l'énergie (*Wissenschaftliche Abhandlungen*, p. 17).

2. On trouvera un exemple très caractéristique de cette tendance dans les *Enigmes de l'univers* de M. HAECKEL (p. 283-284). « Si cette théorie de

comprendra aisément combien, dans ces conditions, les philosophes sont excusables d'avoir, trop souvent, suivi ces exemples, en se contentant d'accepter les résultats tels que la science paraissait les leur apporter, très heureux de leur apparente généralité « philosophique ».

Dans le même ordre d'idées, on constate que dès que le principe de Carnot fut solidement établi dans la science par Clausius, des tentatives se produisirent en vue d'échapper aux conséquences qu'il entraîne. Non pas certes que l'on pût nier le phénomène fondamental ni même les propositions qui s'en déduisent avec une rigueur absolue. Mais on éprouvait comme une répugnance secrète devant l'idée d'un changement continu de l'univers dans la même direction[1]. C'est évidemment cette tendance qui a fait naître toute sorte d'hypothèses sur la transformation et reconcentration de la chaleur perdue par le rayonnement du soleil[2]. Résumons la théorie formulée par Macquorn Rankine, d'autant plus remarquable qu'elle émane d'un physicien des plus éminents, d'un des créateurs de la thermodynamique[3]. Le but poursuivi par Rankine est clairement indiqué dans le titre de son travail : *Sur la reconcentration de l'énergie mécanique de l'univers*[4]. Après avoir constaté que « dans l'état actuel du monde connu » la tendance à la conversion de toutes les formes d'énergie en chaleur et à la diffusion de cette même chaleur domine la nature, l'auteur se demande si l'on ne peut se figurer que cette énergie pour-

l'entropie était exacte, il faudrait qu'à cette fin du monde qu'on admet correspondît aussi un commencement... Ces deux idées, d'après notre conception moniste et rigoureusement logique du processus cosmogénétique éternel, sont aussi inadmissibles l'une que l'autre ; toutes deux sont en contradiction avec la loi de substance... La seconde proposition de la théorie mécanique de la chaleur contredit la première et doit être sacrifiée. » — Le principe de Carnot ne saurait s'appliquer qu'à « des processus particuliers », mais « dans le grand *Tout* du Cosmos, les choses se passent bien autrement ».

1. M. Helm, *Die Lehre von der Energie*. Leipzig, 1887, p. 53, a fort bien noté cette disposition d'esprit des contemporains de Clausius et démêlé qu'elle avait sa source dans les concepts de conservation.

2. On trouvera l'exposé d'une hypothèse analogue à celle de Rankine chez Siemens, *Scientific Works*. Londres, 1889, p. 433. Des suppositions du même genre ont été formulées entre autres par Lyell, *Principles of Geology*, 10e éd. Londres, 1868, p. 242, et aussi, plus récemment, par Zehnder, *Die Mechanik des Weltalls*. Freiburg, 1897, p. 166. C'est cette dernière théorie qui a reçu la chaleureuse approbation de M. Haeckel.

3. C'est l'avis de Maxwell, *Scientific Papers*, vol. II, p. 62.

4. M. Rankine, *On the Reconcentration of the Mechanical Energy of the Universe*. Phil. Mag. IV, 4, 1852, p. 358 ss.

rait être de nouveau concentrée. L'espace interstellaire doit être rempli par un milieu parfaitement transparent et diathermane, c'est-à-dire incapable de transformer la lumière ou la chaleur rayonnante en autre chose. Supposons maintenant que ce milieu ait, dans toutes les directions autour du monde visible, des limites fixes au delà desquelles il n'y aurait plus que l'espace vide. Dès lors, en atteignant ces limites, la chaleur rayonnante émanée du monde visible serait réfléchie et, le cas échéant, concentrée dans des foyers. Dans chacun de ces derniers la chaleur serait telle que si un corps céleste qui ne constituerait plus, dans cette période de son évolution, qu'une masse complètement éteinte, y parvenait, il serait immédiatement volatilisé et dissous en ses éléments, produisant ainsi une accumulation d'énergie chimique. Rankine termine en se demandant si quelques-uns d'entre les points lumineux que nous apercevons dans l'espace lointain ne seraient pas, non pas de véritables étoiles, mais précisément des foyers de ce genre dans l'éther interstellaire.

Il est à peine besoin d'indiquer que cette curieuse hypothèse fait naître une foule d'objections. Pour n'indiquer que la plus apparente, nous sommes obligés de supposer à l'éther une force d'élasticité énorme. Comment admettre dès lors qu'il se termine nettement quelque part? Il faudrait un mur de diamant. Mais le plus curieux, c'est que Rankine, sans y prendre garde, pèche directement contre les fondements mêmes du principe de Carnot, puisqu'il suppose que la chaleur est susceptible de passer directement, par rayonnement, de corps plus froids (les corps du monde visible) à des corps plus chauds (les « foyers » de l'espace interstellaire). C'est Clausius qui a attiré l'attention sur cette anomalie[1]. Il se peut d'ailleurs que Rankine lui-même en ait eu quelque peu le sentiment, car, dans une partie du travail en question, il semble proposer prudemment d'accepter la dissipation de l'énergie pour l'époque présente et de réserver sa « reconcentration » pour une époque « infiniment éloignée ».

On échappe par ce moyen à l'étreinte de la loi de changement, en admettant que le changement s'opèrera en sens inverse à une époque future pour, apparemment, se refaire dans le même sens, une fois cette nouvelle époque terminée. En d'autres termes, on ne maintient pas l'identité stricte, mais on y revient

1. Cf. Verdet, *Théorie mécanique de la chaleur*. Paris, 1868-1872, p. 167.

indirectement par la périodicité. C'est la même conception qui a été développée amplement par Herbert Spencer dans sa théorie bien connue des « demi-périodes d'organisation et de désorganisation ». Spencer peut-être et certainement Rankine n'avaient pas conscience qu'ils usaient d'une très vieille échappatoire. Mais les questions auxquelles nous touchons ici se rattachent aux éternelles assises de l'esprit humain ; c'est à ce propos surtout que le « rien de nouveau sous le soleil » a chance de trouver une application au moins partielle ; il ne faut donc point s'étonner de voir les époques quelque peu confondues. Les anciens, évidemment, ignoraient le principe de Carnot. Mais si cet énoncé présente l'immense avantage de donner une forme scientifique au fait de l'irréversibilité des phénomènes, il est incontestable que l'humanité a eu de tout temps, plus ou moins obscurément, conscience de ce fait. Que les phénomènes se passent dans une direction déterminée, qu'ils aient un commencement et une fin, qu'aujourd'hui ne soit pas absolument pareil à hier, que le temps marche, c'est ce dont nous avons tous la sensation immédiate. Cependant, dans le flux éternel des choses, certaines au moins, si elles ne restent pas identiques à elles-mêmes, paraissent subir des changements cycliques qui les ramènent à leur point de départ. Le jour et la nuit, les lunes, les saisons se suivent dans un ordre déterminé et l'évolution de l'être organisé, si elle ne peut être renversée à volonté, se renouvelle pourtant, reproduisant automatiquement, à certains intervalles, des situations identiques ou très semblables. Et ainsi, tout naturellement, naît la supposition que l'univers, s'il n'est pas immuable, comme l'exigerait la causalité stricte, pourrait cependant ne se mouvoir que le long d'une courbe fermée, retourner après un laps de temps déterminé à un état antérieur. C'est le serpent ourobore (qui se mord la queue). On retrouve des hypothèses de ce genre dans les croyances des Hindous. Chez les Grecs, elles ont trouvé leur expression dans la conception « de la grande année » d'Héraclite devenue celle des « cycles » d'Empédocle et développée plus tard par les Stoïciens avec une rigueur toute scientifique[1]. C'est à cette même conception que se rattachent les vers où Virgile prévoit que les événements du passé se reproduiront et que « le grand Achille sera de

1. Cf. Renouvier. *Esquisse d'une classification systématique des doctrines philosophiques.* Paris, 1885, p. 129.

nouveau envoyé vers Troie[1] ». Ce sont là évidemment des conceptions proches parentes de celles de Rankine et de Spencer. Il y a entre les unes et les autres cette seule différence que, notre science ayant une portée autre que celle des Hindous et des Grecs, puisque la géologie paraît indiquer un développement continu pendant des milliers de siècles, chiffres que les hypothèses astronomiques nous forcent de multiplier encore, il nous faut des millions ou des billions d'années là où l'antiquité pouvait se contenter de milliers. A la vérité, Herbert Spencer suppose que, tout en retournant, après deux demi-périodes, à l'état primitif de nébuleuse, le système, dans sa seconde évolution, ne repasserait pas par les mêmes phases qu'il a traversées la première fois. Mais, comme l'a très justement fait ressortir Renouvier[2], c'est là une inconséquence et les Stoïciens ont été plus logiques en supposant que le monde, en vertu de sa loi immanente d'origine et de développement spontanés, reproduirait exactement la même nature, avec les mêmes êtres et les mêmes accidents, les mêmes empires et les mêmes républiques, les mêmes hommes et leurs mêmes actes, autant de fois que l'Ether accomplit sa destinée et parcourt sa carrière d'universel devenir.

Cette hypothèse de « l'éternel retour » sous sa forme la plus rigoureuse a d'ailleurs également eu des représentants dans la philosophie moderne ; le plus célèbre sans doute est Nietzsche qui a beaucoup insisté sur cette conception et en a fait un des fondements de son système[3].

Mais si les conceptions se ressemblent, nous ne sommes plus, à leur égard, dans la même disposition d'esprit que les contemporains de Virgile. Le principe de Carnot nous a donné une conscience infiniment plus claire de l'irréversibilité des phénomènes. Vérité d'expérience, la dégradation de l'énergie nous apparaît comme la plus générale des règles, comme celle qui gouverne tout ce qui se passe, tout ce qui devient. Pouvons-nous admettre qu'elle soit violée, comme elle le

1. Virgile. *Les Bucoliques*, IVe Eglogue, *Pollion*, vers 34-36 :
Alter erit tum Tiphys et altera quæ vehat Argo
Delectos heroas; erunt etiam altera bella;
Atque iterum ad Troiam magnus mittetur Achilles.

2. Renouvier, *l. c.*

3. Cf. Oscar Ewald. *Nietzsche's Lehre in ihren Grundbegriffen. die ewige Wiederkunft des Gleichen und der Sinn des Uebermenschen.* Berlin. 1903, *passim.* et G. Botault, *L'hypothèse de l'éternel retour.* Revue philosophique, vol. LVII, p. 158 ss.



serait forcément pendant les périodes de « reconstruction » de Rankine? Pouvons-nous admettre, pour être plus précis, que la chaleur, au lieu de passer d'un corps chaud à un corps froid, prenne le chemin inverse? Hindous ou Grecs pouvaient croire qu'en continuant son évolution dans le temps, l'univers ramènerait les mêmes phénomènes ; nous sommes forcés au contraire de supposer qu'il renversera sa marche : ce sera alors véritablement le monde retourné du cinématographe mû en sens inverse, le monde où les vibrations de chaleur se concentreront sur les roues et les essieux de la locomotive, où la fumée, formée au loin, rentrera dans la cheminée avec les gaz de combustion, pour y reformer du charbon, où l'être organisé naîtra vieux pour rajeunir avec le temps et rentrer dans l'œuf, où il marchera à reculons et digèrera avant d'avoir mangé. Comment se figurer la fin d'une période de « dissipation » et le commencement d'une époque de « reconstruction »? Une balle, lancée normalement contre un mur, rebondit dans la direction inverse; mais c'est qu'elle a rencontré un obstacle. Où serait le mur contre lequel rebondirait l'histoire de l'univers ou seulement celle d'un système planétaire? L'univers, pour nous, semble se rapprocher indéfiniment d'un état futur, l'état d'équilibre; mais cet état, à supposer qu'il puisse être atteint, nous apparaît comme infiniment et indéfiniment stable. Là où l'énergie sera partout au même niveau, notre imagination se refuse à croire que de nouvelles « chutes » puissent se créer ou, ce qui revient au même, cette création lui semble infiniment peu probable.

Aussi les développements les plus récents de la physique tendent-ils à faire prévaloir, pour les phénomènes auxquels nous sommes obligés de supposer une grande stabilité dans le temps (tels que le rayonnement solaire), des explications très différentes de celles dont nous venons de parler. Comme on sait qu'il n'y a pas d'équivalence entre les phénomènes de dissipation et ceux de concentration et que le renversement de la marche actuelle du monde — même dans l'espace ou le temps lointains — apparaît comme inadmissible, on cherche pour l'énergie qui se dissipe une source sinon infinie (ce qui est impossible), du moins tellement abondante qu'elle puisse suffire, sans diminution appréciable, à l'énorme prodigalité de la nature. Cette source, on croit l'avoir trouvée dans l'énergie intraatomique. On la suppose considérable, d'un ordre de grandeur très supérieur à toutes celles que nous avons l'ha-

bitude de voir se manifester. Il y a un demi-siècle environ, Weber et Kohlrausch s'étonnaient de la quantité d'énergie que libèrent des réactions chimiques. « Si toutes les particules d'hydrogène contenues dans un milligramme d'eau, d'une pile longue d'un millimètre, étaient liées à un fil et toutes les particules d'oxygène à un autre fil, il faudrait tendre les deux fils dans des directions opposées, chacun par un poids de 2956 quintaux, pour produire une décomposition de l'eau avec une vitesse telle, qu'un milligramme fût décomposé en une seconde[1]. » Mais qu'est cette énergie, la plus considérable que nous soyons en état de produire, comparée à celle que recèlent les atomes? L'émanation du radium, que nous devons considérer comme un véritable gaz très instable, émet, en se transformant en une matière non volatile, trois millions de fois plus d'énergie que l'explosion d'un même volume d'hydrogène et d'oxygène[2].

Évidemment, une source d'une telle puissance peut maintenir pour ainsi dire sans effort le rayonnement de la terre et même celui du soleil vers l'espace[3]. Dès lors, le processus mondial peut être conçu comme étant, sans retour, alimenté par des réserves dont l'abondance dépasse les limites de l'observation.

On peut ranger dans la même catégorie de l'explication par l'*immense* de curieuses spéculations par lesquels Boltzmann a tenté également de concilier l'identité dans le temps et le principe de Carnot. Boltzmann conçoit un monde où les ères que nous qualifions d'éternelles (*Aeonen*) ont une durée comparativement infime. Il y règne partout l'équilibre thermique, excepté dans des domaines relativement insignifiants, de la dimension de notre monde stellaire. « Pour l'univers tout entier, les deux directions du temps sont donc impossibles à distinguer, de même que dans l'espace il n'y a ni dessus ni dessous ». Mais un être vivant dans une phase déterminée du temps et habitant un tel monde individuel, désignera un état comme commencement et l'autre comme fin. Pour le même domaine on aurait alors nécessairement « au début du temps un état improbable. » Il existe donc peut-être « dans l'ensemble de tous les mondes individuels » des phénomènes se

1. W. Weber et R. Kohlrausch, *Ueber die Elecktricitaetsmenge*, etc. Poggendorf's Annalen XCIX, 1856, p. 24.

2. Rutherford, *Radio-Activity*. Cambridge, 1906, p. 327.

3. *Ib.*, p. 492-496.

succédant dans l'ordre inverse. Les êtres qui les observent comptent peut-être le temps d'une façon inverse de la nôtre, mais « ils sont séparés de nous, dans le temps, par des ères éternelles, et, dans l'espace, par $10^{10^{10}}$ fois la distance de Sirius et, par-dessus le marché, leur langage n'a aucun rapport avec le nôtre[1] ».

On serait tenté, à première vue, de rapprocher cette conception de Boltzmann de celles de Rankine et de Spencer; mais elle s'en distingue en ce qu'elle n'aboutit pas à l' « éternel retour ». Quand, dans un « monde individuel » de Boltzmann l'équilibre est rétabli, c'est la mort du monde, mort définitive, car un réveil ne se produit qu'à des distances infinies dans le temps et l'espace. Ce réveil est d'ailleurs purement accidentel et c'est précisément parce qu'il constitue un accident relativement infime qu'il devient possible. C'est donc bien, comme nous l'avons dit, une explication par l'immense. Elle nous fait clairement voir combien rigoureusement cette conception de la marche sans retour est imposée par le principe de Carnot et combien, d'autre part, elle répugne à notre entendement qui cherche, par quelque moyen que ce soit, à rétablir l'identité.

Mais n'est-il pas possible d'amener un accord indirect entre le principe de causalité et le principe de Carnot par les théories mécaniques? Nous avons vu que c'est là le véritable but de ces conceptions qui, mettant à profit le caractère ambigu du déplacement, arrivent à confondre pour ainsi dire changement et identité. Étant donnée la vigueur avec laquelle se manifeste en nous la tendance causale, on constatera sans surprise que les tentatives dans ce sens ont été nombreuses. M. Poincaré les classe en deux groupes. Ce sont d'abord les théories qui se rattachent à une hypothèse due à Helmholtz. On suppose que les mouvements des masses visibles sont liés à des mouvements de masses demeurant cachées. Il en résulte que les premiers, qui nous sont seuls connus, deviennent irréversibles. Mais cette théorie, M. Poincaré le constate, ne peut expliquer complètement l'augmentation constante de l'entropie ; elle s'adapte, en général, plutôt mal à la réalité; ainsi elle entraîne cette conséquence que si deux corps de température égale sont mis en contact, il y aurait passage de la chaleur de

1. Boltzmann. *Leçons sur la théorie des gaz*, IIe partie, trad. Galotti et Bénard. Paris, 1905, p. 252 ss.



l'un à l'autre ce qui, évidemment, est contraire au fondement même du principe de Carnot. On a tenté d'écarter cette difficulté par une sorte d'hypothèse auxiliaire, mais elle est peu satisfaisante[1].

Les conceptions de l'autre groupe ont été développées par Maxwell et, après lui, par Gibbs et Boltzmann ; elles partent de ce principe que, le nombre des particules élémentaires étant nécessairement très grand, il est possible de produire des changements apparents en modifiant l'ordre dans lequel elles sont classées. Ainsi, supposons deux récipients remplis d'un même gaz à des températures différentes ; d'après la théorie cinétique, la moyenne des vitesses des particules dans chaque récipient sera différente. Mettons-les en communication ; les particules tendront à se mêler et, au bout de quelque temps, nous aurons partout la même vitesse moyenne qui sera nécessairement comprise entre les limites des vitesses moyennes des masses gazeuses primitives : la température s'est égalisée et se trouve être une moyenne entre les températures respectives des deux récipients. C'est, on le voit, une explication causale modèle, puisque, sous l'apparence du changement et par le seul artifice du déplacement, on nous fait voir une réelle identité. L'irréversibilité, dans cette hypothèse, cesserait d'être une règle générale si nos moyens d'action étaient moins insuffisants, c'est-à-dire si nous pouvions agir directement sur les particules élémentaires. Supposons un être suffisamment doué à ce point de vue (le fameux « démon » de Maxwell) ; il pourra, après que la température sera devenue égale dans les deux récipients, en limitant la communication entre eux à des orifices qu'il ouvrira et fermera à volonté, laisser passer du premier au second des particules ayant une vitesse plus grande, et dans le sens inverse celles qui en ont une plus petite. Il aura ainsi, au bout d'un certain temps, rétabli les deux masses gazeuses primitives à températures différentes. D'ailleurs, l'égalité de la température qui finit par s'établir entre des masses qui communiquent n'étant, comme on dit, qu'un fait de « statistique », il n'est pas impossible, absolument parlant, que des différences se produisent par les hasards de la distribution ; cela est seulement infiniment peu probable et cette probabilité est d'autant moindre que le nombre des particules est

1. H. Poincaré. *Thermodynamique*. Paris, 1892, p. 400-422.

plus grand. Il en est de même si l'on considère l'état final de l'univers entier : ce n'est plus la mort, c'est une sorte de sommeil, mais il est infiniment peu probable qu'il puisse se réveiller jamais.

L'hypothèse de Maxwell, qui constitue, selon le jugement de M. Poincaré, « la tentative la plus sérieuse de conciliation entre le mécanisme et l'expérience[1] » est-elle réellement suffisante? M. Poincaré semble, en définitive, être parvenu lui-même à la conviction contraire[2] et MM. Duhem[3], Lippmann[4] et Mach[5] sont du même avis ; mais peut-être la théorie sur ce point n'a-t-elle pas dit son dernier mot. Il convient, en tout cas, de constater que la conception qui fait le fond de la théorie de Maxwell et qui consiste à supposer que le principe de Carnot ne règle que les phénomènes des corps sensibles, mais ne s'applique pas à leurs particules élémentaires, reçoit une confirmation curieuse et inattendue par suite d'une découverte récente. On a deviné que nous voulons parler du « phénomène de Gouy » ou mouvement brownien. C'est Brown qui avait observé le premier, vers 1825, que des particules de matière suffisamment petites, vues au microscope, se montraient dans une agitation continuelle. Ce fait, que les très nombreux chercheurs qui emploient cet instrument sont en mesure de confirmer journellement, avait peu attiré l'attention, jusqu'au moment où M. Gouy eut l'idée de l'étudier de plus près. Il établit, par élimination, qu'aucune des causes auxquelles on pouvait l'attribuer ne saurait être invoquée en l'espèce ; il ne pouvait s'agir ni de mouvements insensibles du sol, ni de différences de température, ni de l'action de la lumière. En outre, il reconnut, en étudiant des bulles de liquide contenues dans des cavités de cristaux de quartz, que le phénomène devait être considéré comme permanent, puisque, apparemment, il persistait depuis les lointaines époques géologiques où ces cristaux avaient été formés. C'est donc un mouvement qui ne cesse pas ou qui renaît continuellement, sans emprunter de l'énergie à l'extérieur, ce qui est manifes-

1. H. Poincaré. *Le mécanisme et l'expérience.* Revue de métaphysique, I, 1893 p. 535.

2. *Ib.*, p. 537.

3. Duhem. *L'évolution de la mécanique.* Paris, 1903, p. 153.

4. Lippmann. *La théorie cinétique des gaz et le principe de Carnot.* Congrès international de physique de 1900, vol. Ier, p. 549.

5. Mach. *Die Principien der Waermelehre.* Leipzig, 1896, p. 364.

tement contraire au principe de Carnot. M. Gouy n'hésita pas, dans ces conditions, à rattacher ce phénomène à la théorie cinétique de la matière[1]. Les particules d'un liquide doivent être dans une agitation constante ; leur nombre est très grand et leurs vitesses sont sans doute considérables, mais leurs masses sont très petites. Si le corps solide immergé dans le liquide n'est pas lui-même d'une taille qui se rapproche de l'ordre de grandeur des particules élémentaires, les chocs qu'il reçoit de tous côtés s'équilibrent avec une exactitude suffisante pour qu'il n'y ait pas mouvement. Au-dessous d'une certaine limite cet équilibre ne se produit plus et le corps immergé commence par conséquent à se mouvoir; il doit se mouvoir d'autant plus rapidement qu'il est plus petit, ce que l'expérience confirme. Mais nous n'avons pas l'espoir d'accroître indéfiniment la puissance de pénétration de nos microscopes, la nature de la lumière s'y oppose, et les plus petits corps que nous soyons en mesure d'observer sont encore très grands en comparaison des particules élémentaires du liquide; c'est pourquoi les mouvements des premiers sont très lents comparés à ceux que nous devons supposer aux seconds.

La théorie de M. Gouy a été à peu près universellement acceptée, et il semble bien en résulter, comme le formule M. Poincaré, que « pour voir le monde revenir en arrière, nous n'avons plus besoin de l'œil infiniment subtil du démon de Maxwell, notre microscope nous suffit[2] ».

On peut cependant prévoir que si même la théorie de Maxwell ou une autre analogue pouvait s'adapter exactement aux faits, elle ne satisferait pas entièrement l'esprit ; nous éprouverions toujours devant ces sortes d'explications un certain malaise. M. Poincaré l'a constaté en déclarant qu'il se défie d'un raisonnement « où l'on trouve la réversibilité dans les prémisses et l'irréversibilité dans les conclusions[3] ». C'est toucher au nœud même de la question. Les phénomènes de la nature nous apparaissent comme ayant une direction déterminée dans le temps, comme irréversibles; les expliquer,

1. G. Gouy. *Le mouvement brownien et les mouvements moléculaires*. Revue générale des Sciences, 1895, p. 5 ss.

2. H. Poincaré. *La valeur de la science*, p. 184. Cf. Id. *La science et l'hypothèse*, p. 209.

3. Id. *Le mécanisme et l'expérience*. Revue de métaphysique, t. I, 1893, p. 537.

en déterminer les causes, c'est rétablir l'identité dans le temps et par conséquent la réversibilité. Il faut alors nécessairement, comme l'a dit Boltzmann, « employer, comme image de l'univers, un système dont les variations avec le temps soient données par des équations dans lesquelles la direction positive et la direction négative de la durée jouent le même rôle, et qui permettent pourtant d'expliquer, par une hypothèse spéciale, l'apparence d'irréversibilité observée pendant de longs intervalles de temps[1]. » C'est pourquoi la mécanique rationnelle est, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, fondée tout entière sur le postulat de réversibilité. En établissant combien est profonde la divergence entre ce mode de représentation et la réalité, nous avions anticipé sur le principe de Carnot. La raison d'être de ce principe est de préciser l'irréversibilité, de la rendre tangible ; il est donc naturel que nous éprouvions de grandes difficultés à lui trouver une explication mécanique, c'est-à-dire à le réduire à son tour à l'identité. Et à supposer que cette réduction fût possible, elle répugnerait toujours, dans une certaine mesure, à notre pensée, car les deux concepts antagonistes d'identité dans le temps et d'irréversibilité se trouvent ici d'une manière trop précise en face l'un de l'autre pour être facilement réconciliés dans notre entendement.

Mais quoi que nous en ayons, et qu'il nous paraisse adéquat ou non à notre esprit, le principe de Carnot est un fait, et même le fait de beaucoup le plus important la science entière. Il suffit, en effet, de regarder la réalité sans parti pris pour se convaincre que ce qui demeure est peu de chose à l'égard de ce qui se modifie. C'est uniquement l'illusion causale qui nous pousse à exagérer l'importance du premier aux dépens du second : ce qui est resté est l'essentiel, la « substance », alors que ce qui se modifie n'est que « l'accident ». Or l'inertie, nous l'avons vu, est une conception purement idéale ; personne n'a jamais vu un mouvement uniforme en ligne droite, et à plus forte raison n'a pu constater qu'il se maintenait indéfiniment. Et puis la vitesse est-elle vraiment chose plus essentielle que le lieu, et la direction, que la vitesse en ligne courbe ? Quand je vois un corps rouge et pulvérulent donner naissance à un métal liquide et à un gaz incolore, puis-je affirmer, parce que je constate que le poids

1. L. Boltzmann. *Leçons sur la théorie des gaz*, IIe partie. Paris, 1905, p. 252.



est resté le même, que ce qui est changé est peu important à l'égard de ce qui est demeuré? Quant à l'énergie, le moins qu'on en puisse dire, c'est que sa conservation nous est d'un bien mince secours pour nous garantir l'identité de l'univers dans le temps. Il y avait une masse d'eau dans un réservoir haut placé, je l'ai utilisée pour faire tourner un moulin, beaucoup d'énergie s'est dissipée en route par le frottement, etc.., le reste m'a servi à transformer du blé en farine; et pourtant l'énergie s'est « conservée », elle est restée «constante». On trouve quelquefois affirmé que la conservation de l'énergie nous garantit l'indestructibilité du mouvement. «Ceux qui s'imaginent que les forces actives diminuent d'elles-mêmes dans le monde, ne connaissent pas bien les principales lois de la Nature et la beauté des ouvrages de Dieu » a dit Leibniz[1]. Mais il y a là une sorte d'équivoque. La proposition est exacte si, sous le terme mouvement, nous comprenons aussi l'agitation intérieure des parties, c'est-à-dire si nous l'étendons à toutes les formes de l'énergie. Mais si nous voulons parler du mouvement proprement dit, du déplacement des corps les uns par rapport aux autres, c'est certainement une erreur. Ce mouvement, le principe de Carnot nous le démontre, tend continuellement à s'éteindre, à se transformer en chaleur et à se dissiper ensuite. Quand on nous dit que les principes de conservation règlent la marche du monde, il faut préciser. Ils la règlent en ce sens qu'ils limitent le changement, qu'ils nous apprennent que certains rapports ne sauraient se modifier, quoi qu'il arrive. Mais ces principes ne nous indiquent pas *quel* est le changement qui doit s'opérer, ni même *si* un changement s'opérera. « Dans tous les cas où le principe de la conservation de l'énergie a contribué à étendre nos connaissances sur les processus élémentaires, d'autres lois encore ont été en jeu, lois qui impliquent le concept de *tendance* » dit très justement M. Helm[2], et il cite comme exemples de ces concepts de tendance, la force, la pression, la température.

En ce qui concerne la chaleur même, la considération de l'entropie, de la chaleur convertible ou non en mouvement, est évidemment, à tous les points de vue, beaucoup plus importante pour un système que celle de son énergie.

1. Leibniz. *Recueil des lettres*, etc., 4e *écrit*, § 38, éd. Erdmann, p. 757.
2. Helm. *Die Lehre von der Energie*. Leipzig, 1887, p. 58.

Partout et toujours, contrairement à ce que voudrait nous faire supposer l'illusion causale, le flux des choses est plus essentiel en soi, et plus important à connaître pour nous, que leur conservation.

Nous pouvons maintenant, mieux que nous ne l'avons fait dans un des chapitres précédents, saisir ce qu'a d'illusoire le signe d'égalité appliqué à la représentation des phénomènes. Si, de cette représentation, nous passons à la réalité, l'illusion d'identité s'évanouit ausssitôt. Une assiette a été cassée, j'en rapproche les morceaux, aucun ne manque et je n'hésiterai pas à exprimer ce fait par une équation; en appelant l'assiette A et les morceaux B,C et D, j'écrirai : $A = B + C + D$. Mais, à la vérité, cette équation semble affirmer qu'il y a égalité entre les deux états de l'assiette: or, je sais fort bien que si j'essayais de m'en servir maintenant, j'aurais des mécomptes. Quatre et trois est assurément égal à sept; mais si le premier chiffre représente une poutre de quatre mètres de long et le second une de trois mètres, l'architecte ne pourra sans aucun doute les employer quand il aura besoin d'une poutre de sept mètres. Ces choses-là ne nous choquent point, nous n'avons pas un seul instant perdu de vue qu'il s'agit, au fond, d'une diversité et non d'une égalité. La science, cependant, va parfois très loin dans cet ordre d'idées. Ainsi, une expression telle que « quantité de mouvement » est plutôt mal choisie, en ce qu'elle peut donner, ne serait-ce que très superficiellement, l'illusion que le mouvement est une véritable quantité susceptible d'addition ou de soustraction. Or, même si j'ai deux mobiles animés de la même vitesse dans la même direction, je ne saurais, par aucun artifice, les transformer en un seul, doué d'une vitesse double; les deux états étant d'ailleurs, comme on sait, fort différents au point de vue de l'énergie. Ce qu'on entend traiter dans ce cas comme une quantité, ce n'est pas le mouvement lui-même, mais bien sa projection sur un axe, ce qui n'a évidemment avec la réalité que des rapports fort lointains.

Peut-on prétendre que l'équation, si elle ne comporte pas l'égalité entre deux termes, en affirme l'équivalence ? Nous avons vu plus haut que ce n'est pas là le but réel des équations chimiques qui expriment, non pas des rapports statiques, mais un devenir. D'ailleurs, en l'exprimant, elles le nient, puisqu'elles réunissent l'antécédent et le conséquent par le

signe d'égalité. L'équation $Hg + O = HgO$, prise à la lettre, paraît signifier qu'il ne s'est rien passé du tout, puisque tout ce qui se trouvait dans l'antécédent se retrouve dans le conséquent. Or, ce qui s'est passé en réalité, au cours de ce phénomène, Lavoisier qui, nous l'avons vu, s'est servi de cette réaction pour l'établissement de sa théorie, le décrit en ces termes : « J'ai renfermé dans un appareil convenable et dont il serait difficile de donner une idée sans le secours de figures 50 pouces cubiques d'air commun ; j'ai introduit dans cet appareil 4 onces de mercure très pur et j'ai procédé à la calcination de ce dernier, en l'entretenant, pendant douze jours, à un degré de chaleur presque égal à celui qui est nécessaire pour le faire bouillir.[1] » Au bout de cette pénible opération il a vu en effet une partie du métal se transformer en oxyde. De tout cela, qui est pourtant le phénomène, l'équation ne dit rien, ou pis, elle l'escamote, en affirmant que les choses sont restées, après l'opération, ce qu'elles étaient avant. Le chimiste qui, dans un laboratoire, tente de refaire une opération de chimie organique un peu compliquée sait quelle ironie cache bien souvent ce signe d'égalité.

Mais, en vérité, cela n'est-il pas évident ? Qui dit phénomène, dit changement. Comment dès lors pourrait-il y avoir identité entre l'antécédent et le conséquent ? J'ai fait entrer un rayon de lumière par un trou fait dans le volet et ce rayon a formé une tache blanche sur le mur opposé. J'interpose un prisme et j'aperçois un spectre. Vous me démontrez fort savamment que la lumière blanche réfractée par le prisme a produit le spectre multicolore. Je veux bien vous croire, à condition que vous n'essayiez pas de me persuader qu'il y a identité et que la lumière blanche, plus le prisme interposé, est égale au spectre. Cela, je ne le croirai jamais, de même que je ne croirai pas qu'il ne s'est rien passé lors de l'oxydation du mercure. Je sais bien qu'il n'y a pas identité, qu'il s'est passé quelque chose, sans quoi vous n'auriez pas eu à vous mettre en peine d'explication. Comme le dit M. Boutroux : « Comment concevoir que la cause ou condition immédiate contienne vraiment tout ce qu'il faut pour expliquer l'effet ? Elle ne contiendra jamais ce en quoi l'effet se distingue d'elle, cette apparition d'un élément nouveau, qui est la condition indispensable d'un effet de causalité. Si l'effet est de tout

1. LAVOISIER. *Œuvres*. Paris, 1862, vol. II, p. 175.

point identique à la cause, il ne fait qu'un avec elle et n'est pas un effet véritable[1]. »

Même en admettant pour un instant qu'il s'agisse non pas de la représentation d'un phénomène, mais d'un rapport statique de deux termes, nous pouvons établir maintenant qu'il ne saurait y avoir équivalence. Cette expression est empruntée à la vie économique. Quand j'affirme que telle chose vaut tel prix, cela signifie que je peux l'acheter ou la vendre à ce prix, la convertir en une somme d'argent ou convertir une somme d'argent en cette chose. Si, par exemple, la rente française est au pair, je pourrai acheter un titre de rente de 3 francs pour 100 francs et le revendre autant. Les phénomènes paraissent se comporter de même : le pendule, nous affirme-t-on, aura acquis, au point le plus bas de sa course, une vitesse suffisante pour remonter à la hauteur d'où il est parti ; et si nous avons formé l'oxyde de mercure par la réunion du mercure et de l'oxygène, nous pouvons retrouver ces corps en le décomposant. Mais nous savons maintenant que ce n'est là qu'une apparence. En réalité, aucun phénomène n'est possible sans un flux d'énergie, et ce flux a toujours lieu dans la même direction. Toujours l'énergie que nous retrouvons au bout est dégradée, jamais elle ne vaut ce que valait celle du début, jamais le conséquent ne saurait être l'équivalent de l'antécédent. Si l'on veut encore se servir de l'image de l'objet acheté ou vendu, il faut penser non pas à ce qui se négocie en bourse, à ce qui a un cours, mais à ce qu'on acquiert dans un magasin : si, aussitôt l'achat effectué, on voulait le reconvertir en argent, on perdrait inévitablement.

L'identité est le cadre éternel de notre esprit. Nous ne pouvons donc que la retrouver dans tout ce qu'il crée, et nous avons constaté, en effet, que la science en est pénétrée. Mais ce n'est pas là *toute* la science. Au contraire, le principe de Carnot fait partie intégrante de la science. Il n'est pas tout à fait juste de dire, comme Hannequin, que « la science ne pénètre rien du réel Devenir[2] », ou bien alors il faut donner au verbe *pénétrer* le sens de : *rendre intelligible, rationnel*. En effet, cette proposition n'est exacte que pour la science explicative. La science empirique a, au contraire,

1. Boutroux. *De la contingence des lois de la nature*. Paris, 1874, p. 29.
2. Hannequin, *l. c.*, p. 285.



pour tâche de pénétrer dans le devenir ; le changement dans le temps est son domaine propre. C'est pourquoi la science — qui comprend aussi bien l'une et l'autre — est de plus en plus dominée par le principe de Carnot.

C'est donc la science elle-même qui rétablit la réalité dans ses droits. Elle démontre que, contrairement à ce que postulait la causalité, il n'est pas possible d'éliminer le temps, attendu que cette élimination aurait pour condition préalable la réversibilité et que la réversibilité n'existe nulle part dans la nature. Le phénomène réversible est purement idéal, ce n'est qu'un cas limite des phénomènes réels, tous irréversibles au fond. L'antécédent et le conséquent ne sont pas « interchangeables », comme on dit en parlant des pièces d'une machine; ils ne sauraient donc être équivalents. L'effet n'égale pas la cause, contrairement à ce qu'affirme l'École, parce qu'il ne saurait « reproduire la cause entière ou son semblable », comme le postulait Leibniz.

Nous avons dit plus haut que le principe de Carnot devait être placé au début de la physique de la chaleur. Mais, si on le saisit dans toute sa généralité, il est clair qu'il est constamment sous-entendu dans la physique entière. En effet, ce qu'il formule, c'est une tendance des choses à se modifier dans le temps. Or, c'est cette tendance et son uniformité qui, nous l'avons vu (p. 22), servent de base à la mesure du temps; c'est par suite de l'existence de cette uniformité que nous pouvons concevoir l'uniformité de l'écoulement du temps, alors que, d'autre part, la marche uniforme des phénomènes est stipulée directement par le principe de légalité même, c'est-à-dire fait partie intégrante de toute science et de toute prévision. En un mot, le principe de Carnot est solidaire du concept du temps et précise ce concept — cette précision consistant, entre autres, à nous assurer l'impossibilité d'un retour cyclique à longue échéance que notre sentiment immédiat n'exclut pas. C'est ce qui fait que, si nous cherchons pour ce principe une expression tout à fait générale, embrassant la totalité des phénomènes, nous trouverons des énoncés comme ceux de M. Perrin : « Un système isolé ne passe jamais deux fois par le même état », et « l'univers ne revêt jamais deux fois le même aspect » [1]. Ces énoncés se rapprochent des dictons qui existent dans toutes les langues, tels que : *fugit*

1. J. Perrin, *Traité de chimie physique*, Paris, 1903, p. 142, 178.

irreparabile tempus, tempi passati, etc., que la sagesse des nations a formulés ou adoptés et qui expriment simplement la conviction de l'irréparabilité du passé, partie intégrante de notre concept du temps. En effet, c'est bien cette idée, l'idée qu'à mesure que le temps s'avance le monde ne reste pas identique à lui-même, mais se modifie sans cesse, qu'*il se passe quelque chose,* qui fait le fond de notre concept du temps. Si nous supposons qu'il ne se passe rien, ce concept s'évanouit aussitôt.

Nous voyons ainsi clairement en quoi la notion de la mesure du temps selon Carl Neumann est inférieure à celle de d'Alembert et de Poisson (p. 20 ss.). La conscience que nous avons de l'écoulement du temps repose sur la différence entre l'antécédent et le conséquent, c'est-à-dire sur l'irréversibilité des phénomènes. Or, non seulement les phénomènes du mouvement ne jouissent à ce point de vue d'aucun privilège, mais leur considération introduit comme un élément de trouble dans ces notions.

En effet, nous postulons ici le changement. Mais l'aspect du mouvement, vu sous cet angle, est double ; le mouvement est et n'est pas un changement ; le principe d'inertie, par le fait même qu'il est un principe de conservation, s'appuie sur le second de ces deux aspects en assimilant le mouvement rectiligne et uniforme au repos (p. 209). Le principe d'inertie et la réduction des phénomènes au mouvement, au déplacement, appartiennent en quelque sorte à un autre ordre d'idées, à une conception différente du monde, à la conception causale qui découle du postulat de la persistance des objets et tend, par conséquent, en dernier terme, à l'élimination du temps. Au contraire, la définition de la mesure du temps selon d'Alembert se rattache réellement à l'essence même du concept.

Selon la profonde formule de M. Bergson, les grandes découvertes se sont fréquemment faites par « des coups de sonde donnés dans la durée pure[1] ». Le maître-coup de sonde, la découverte définitive, c'est le principe de Carnot, parce qu'il précise ce qui fait le fond de notre concept du monde sensible et ce que pourtant nous ne sentons qu'obscurément : les notions de temps, de changement et d'irréversibilité.

Nous voyons clairement à présent combien nous aurions eu tort d'attribuer à la science l'évanouissement progressif de

1. Bergson. *Introduction à la métaphysique.* Revue de métaphysique, 1903, p. 30.

la réalité qui est la conséquence des identifications successives. Cette théorie idéaliste, nous la portons en nous préalablement à la constitution de la science, puisque c'est avec son aide que nous la constituons. « L'intelligence humaine, dit Bacon, est portée aux abstraits, par sa propre nature ; et elle feint de trouver constantes les choses qui sont en flux[1]. » C'est nous qui cherchons à établir l'identité dans la nature, qui la lui apportons, qui la lui *supposons*, si l'on veut bien donner à ce vocable le sens qu'il a dans le terme « enfant supposé. » C'est là ce que nous appelons comprendre la nature ou l'expliquer. Celle-ci s'y prête dans une certaine mesure, mais elle s'en défend aussi. La réalité se révolte, ne permet pas qu'on la nie. Le principe de Carnot est l'expression de la résistance que la nature oppose à la contrainte que notre entendement, par le principe de causalité, tente d'exercer sur elle.

1. Bacon. *Novum organon*, l. Ier, Aph. 51.

CHAPITRE IX

L'IRRATIONNEL

Les théories mécaniques résolvent l'univers en un tourbillon de corpuscules s'entre-choquant selon des lois immuables. Comme on l'a dit plaisamment, et d'ailleurs avec beaucoup de justesse, elles consistent à supposer qu'une intelligence supérieure — Dieu — aurait, en contemplant le monde, à peu près la sensation que nous éprouvons devant une partie de billard[1].

Nos sensations à nous sont très différentes. Notre univers n'est pas muet, froid, incolore ; il est son, chaleur, couleur. Mais le mécanisme nous explique que ces qualités ne sauraient appartenir à l'objet lui-même ; ce dernier ne conserve que celles qui ont trait à l'espace et à l'occupation de l'espace. Du coup, tous nos sens se trouvent dépossédés (nous verrons tout à l'heure que, contrairement à une opinion assez générale, le sens tactile l'est comme les autres) — dépossédés sans retour, car, ayant dès le début détruit la qualité des sensations, leur *quid proprium,* le mécanisme est incapable de le reconstituer. Sur ce point, l'insuffisance des théories cinétiques est absolue et irrémédiable.

Des métaphysiciens plus ou moins teintés de matérialisme ont quelquefois feint d'en douter et D. F. Strauss a déclaré que l'avenir seul en déciderait[2]. Mais les savants sont mieux avisés. « Les physiologistes, dit Alexandre Herzen, auraient beau étudier objectivement pendant des siècles les nerfs et le cerveau, ils n'arriveraient pas à se faire la plus petite idée de ce qu'est une sensation... si eux-mêmes n'éprouvaient subjectivement ces états de conscience[3]. » Il n'est peut-être pas

1. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, p. 193.
2. D.-F. Strauss. *Gesammelte Werke*. Bonn, 1876, vol. VI, p. 269.
3. Al. Herzen. *Le cerveau et l'activité cerébrale*. Lausanne, 1887, p. 34.

superflu de faire ressortir qu'il ne s'agit pas là d'une opinion particulière aux savants contemporains. Le passage que nous venons de citer n'est que la paraphrase de ce que Leibniz, avec autant de précision et plus de pittoresque, a dit dans la *Monadologie* : « On est obligé, d'ailleurs, de confesser que la perception et ce qui en dépend, est inexplicable par des raisons mécaniques, c'est-à-dire par les figures et les mouvements. Et feignant qu'il y ait une Machine dont la structure fasse penser, sentir, avoir perception ; on pourra la concevoir aggrandie en conservant les mêmes proportions, en sorte qu'on y puisse entrer, comme dans un moulin. Et cela posé on ne trouvera en la visitant au dedans que des pièces qui poussent les unes les autres et jamais de quoi expliquer une perception[1] ». Tout cela d'ailleurs était virtuellement contenu dans le passage de Démocrite qui nous a été conservé par Sextus Empiricus : « car c'est par l'opinion et la convention, dit-il, qu'est le doux et l'amer, par l'opinion le chaud et le froid, par l'opinion la couleur; mais vraiment sont les atomes et le néant[2]. » Comme le dit M. Bergson, « il est de l'essence du matérialisme d'affirmer la parfaite relativité des qualités sensibles[3]. »

Mais si la science moderne n'a rien innové à ce point de vue, il est incontestable que ses découvertes ont confirmé d'une manière assez éclatante les théories en question. Que la chaleur, la lumière ne puissent être qu'un mouvement de particules, cela résulte sans doute (chap. II, p. 85), des conceptions aprioriques qui constituent le fond du mécanisme, et Descartes, en le proclamant hautement, ne s'est fondé que sur ces conceptions. « Mettez-y du feu, mettez-y de la chaleur et faites qu'il brûle tant qu'il vous plaira, si vous ne supposez point avec cela qu'il y ait aucune de ses parties qui se remue, ni qui se détache de ses voisines, je ne saurais imaginer qu'il reçoive aucune altération ni changement[4]. » Spinoza et Leibniz ont de même (p. 235) affirmé que l'axiome « tout est mouvement » ne peut être démontré que par des raisons aprioriques et non pas par des expériences. Il n'empêche que les phénomènes de l'interférence et de la

1. Leibniz. *Monadologie, Œuvres*, éd. Erdmann, § 17.
2. Mullach. *Fragmenta philosophorum græcorum*. Paris, 1860, p. 357.
3. Bergson. *Matière et Mémoire*. Paris, 1903, p. 66.
4. Descartes. *Le monde, Œuvres*, éd. Cousin. Paris, 1824-26, p. 91.

polarisation que nous observons directement et qui ne s'expliquent pas ou qui s'expliquent fort mal par toute autre supposition, prêtent un appui singulier à la thèse, et de même le mouvement brownien, tel qu'il a été observé par M. Gouy, puisqu'il rend directement visible, par ses effets, l'agitation des parties.

Mais la confirmation la plus éclatante lui est venue par la physiologie, par ce qu'on appelle la théorie de « l'énergie spécifique des organes sensoriels ». C'est encore une conception théorique, mais appuyée sur des faits physiques et physiologiques directement observables. Elle a été formulée vers 1830 par le physiologiste Johannes Muller et consiste à affirmer que la nature spécifique de la sensation dépend, non pas de celle de la cause extérieure qui la produit, mais uniquement de l'organe qui la transmet. Ainsi, que le nerf optique soit affecté par une excitation quelconque, que ce soit ce que nous appelons proprement de la lumière, ou une action mécanique, une excitation électrique, ou même un processus morbide, ce que nous ressentirons sera toujours une sensation lumineuse. La théorie primitive de Muller a subi, depuis, quelques modifications, mais il semble bien qu'en dépit de nombreuses attaques elle soit restée debout dans ses parties essentielles[1]. Les faits physiologiques tendent à la confirmer. Helmholtz qui en était un partisan déterminé, a fait observer, entre autres, que nos organes sensoriels semblent disposés de manière à être très accessibles à des excitations d'une certaine nature et protégés contre toutes les autres. Ainsi, la rétine est protégée contre la pression et l'excitation électrique, alors que la lumière peut facilement pénétrer jusqu'à elle[2]. Il a démontré également que les couleurs les plus pures que l'œil soit susceptible de percevoir sont purement objectives[3]. Mais des faits physiques très solides viennent également à l'appui. Ainsi, depuis les travaux d'Ampère[4] et de Melloni[5], aucun doute n'est permis

1. Cf. Binet. *L'âme et le corps*. Paris, s. d., p. 266.

2. Helmholtz. *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Leipzig, 1882, vol. II, p. 602.

3. Id. *Populaere wissenschaftliche Vortraege*. Braunschweig, 1876, II, p. 53.

4. Cf. Rubens. *Le spectre infra-rouge*. Congrès international de physique de 1900, vol. II, p. 142.

5. Melloni. *Sur l'identité de diverses radiations*. Comptes rendus de l'Académie des sciences, XV, 1842, p. 454 ss. — Cf. Abria. *Observations, etc.*, Travaux de la Société de Bordeaux, vol. IV, 1866, p. 78 ss.

sur l'identité des vibrations qui font naître chez nous les sensations de chaleur et de lumière. Un seul et même mouvement de l'éther peut, en frappant notre épiderme et notre œil, être ressenti par nous sous ces deux formes si diverses. Il est à remarquer que les faits de cet ordre n'avaient pas été prévus par les raisonnements déductifs; certains phénomènes connus de très longue date, tels que l'apparition de sensations lumineuses par suite d'une pression exercée sur l'œil, étaient, comme le fait ressortir Helmholtz, expliqués de tout autre façon : les anciens opticiens supposaient qu'il naissait réellement dans ce cas de la lumière objective et Joh. Muller a dû démontrer expérimentalement le contraire[1]; la science, tout en confirmant les conceptions aprioriques, les a dépassées.

Aux démonstrations expérimentales il convient d'ajouter des raisonnements un peu plus indirects, qui semblent aussi prouver que la forme des sensations, leur qualité, doit nous appartenir en propre. Ainsi, tout le monde est d'accord pour supposer que son, lumière, chaleur, en dehors de nous, ne peuvent être que des vibrations. Ce sont des multiplicités; or, ils ne nous apparaissent pas comme telles, une belle couleur unie nous fait certainement l'impression de l'unité. L'intensité de notre sensation, comme l'a fait remarquer Tyndall[2], varie tout autrement que l'énergie du mouvement de vibration qui en est cause. D'ailleurs, il n'y a aucune analogie dans la manière dont nos organes perçoivent ce que nous sommes pourtant obligés de concevoir comme étant analogue en dehors d'eux. L'oreille perçoit une dizaine d'octaves alors que l'œil doit se contenter d'une sixte à peine. Dans ces limites, les diverses sensations paraissent à l'oreille nettement graduées; parmi trois tons elle désignera sans hésitation celui qui doit être situé entre les deux autres, alors que pour l'œil les sensations sont équivalentes et que, si nous n'avons pas appris par cœur l'échelle des couleurs spectrales, nous ne voyons pas plus de raison de placer le jaune entre le rouge et le bleu qu'inversement le rouge entre le jaune et le bleu. Toutefois, même pour l'oreille, la sensation n'a rien de quantitatif — celle d'un *sol*, selon la juste remarque de Cournot[3],

1. Helmholtz, *Vortraege*, 4e éd. Braunschweig, 1896, vol. II, p. 220.
2. Tyndall, *Fragments of Science*. Londres, 1871, p. 137 et 195.
3. Cournot. *Matérialisme, etc.* Paris, 1875, p. 398.

n'équivaut pas à une fois et demie la sensation de son *ut*. L'oreille perçoit chaque sensation élémentaire séparément et deux sensations simultanées lui font toujours l'impression de quelque chose de composé ; tandis que pour l'œil, un mélange de couleurs crée l'impression d'une chose simple : un mélange de rouge et de bleu nous donne la sensation du violet, et un mélange de bleu et de jaune, celle du vert, tous deux paraissant comparables aux couleurs du spectre. Un ensemble de tons très rapprochés affecte agréablement l'œil et très désagréablement l'oreille[1].

Il est tout aussi certain qu'en dehors des vibrations par lesquelles nos organes sont directement affectés, il en existe d'autres, de tout point analogues et que nous ne percevons pas directement. Le spectre réel, nous le savons, s'étend énormément des deux côtés, au delà du rouge et du violet ; ces vibrations ne font aucune impression sur notre rétine ; pourtant, à tous autres égards, elles se comportent absolument comme la lumière que nous connaissons, car elles peuvent être réfractées, réfléchies, polarisées et subir l'interférence. De même, nous ne percevons directement ni les ondes hertziennes, ni les rayons de Rœntgen, ni les rayons cathodiques ; nous ne percevons même pas l'électricité qui est une des formes les plus importantes de l'énergie, peut-être sa forme fondamentale. Il est clair que si, avec Condillac[2], nous supposons un être dont les organes de sensation seraient différents des nôtres, dont l'œil, par exemple, percevrait à la manière de notre oreille, ou distinguerait la lumière polarisée, ou qui aurait des organes pour percevoir directement l'un ou l'autre des mouvements de l'éther dont nous venons de parler, le monde extérieur lui paraîtrait très différent de ce qu'il est pour nous. Il se peut même que cette supposition se trouve réalisée dans la nature, car il n'est pas certain que les organes des animaux soient absolument pareils aux nôtres ; il est au contraire assez vraisemblable qu'ils sont encore affectés là où les nôtres cessent de l'être ; peut-être même les animaux disposent-ils d'organes qui nous font complètement défaut[3].

1. M. Kozlowski (*Sur la nature des combinaisons chimiques*, Congrès de philosophie de 1900, vol. III, p. 533, 540), par une ingénieuse hypothèse, rattache la différence entre l'ouïe et la vue au fait que les sensations de ce dernier organe ont un caractère spatial qui fait défaut aux sons.

2. Condillac. *Logique*, *Œuvres*. Paris, 1798, vol. XXII, p. 77.

3. Haeckel. *Les énigmes de l'univers*, trad. Bos. Paris, 1902, p. 341. — Le Dantec. *Les limites du connaissable*. Paris, 1903, p. 112.

Cependant, en dépit de l'imposant ensemble de faits concordants qui tendent à confirmer, en cette matière, les conceptions atomistiques, des objections ont été soulevées par les philosophes. Czolbe est allé le plus loin dans cette voie. Il suppose que les ondes sonores et lumineuses sont en elles-mêmes douées de ces qualités et qu'elles ne se propagent au cerveau que par un processus purement mécanique; toutes les preuves contraires de la science lui semblent purement apparentes et destinées à disparaître avec les progrès futurs de la physique[1]. Lotze s'est exprimé avec plus de réserve ; il estime que les preuves qu'on fait valoir sont insuffisantes ; rien ne nous empêche de supposer que les choses en elles-mêmes sont rouges de couleur ou douces de saveur; elles n'agissent sur nous que par des mouvements qui ne sont, comme tels, ni rouges, ni doux, mais il se pourrait que ces mouvements recréent en nous les qualités primitives des objets, à la manière du téléphone dont le récepteur rend à l'énergie électrique sa forme primitive[2]. M. Boutroux serre de plus près le problème de l'énergie spécifique des nerfs. « S'il arrive qu'un même agent impressionne différemment les différents sens, c'est peut-être parce que, sous une apparence simple, il est complexe et comprend en réalité autant d'agents distincts qu'il cause de sensations diverses. La chaleur, la lumière et l'électricité, par exemple, peuvent s'accompagner les unes les autres, d'une manière plus ou moins constante, sans pour cela se confondre en un seul et même agent[3]. » La plupart des phénomènes que l'on cite à ce propos sont basés sur des excitations électriques; il importe donc surtout de s'expliquer sur la nature de ces dernières. C'est ce qu'a fait M. Bergson. « On peut se demander, dit-il, si l'excitation électrique ne comprendrait pas des composantes diverses répondant objectivement à des sensations de différents genres et si le rôle de chaque sens ne serait pas simplement d'en extraire la composante qui l'intéresse. » Le physicien a pu identifier lumière et perturbation électro-magnétique. On peut dire inversement que ce qu'il appelle ici perturbation électro-magnétique est de la lumière[4].

1. Cf. LANGE. *Geschichte des Materialismus*, 4e éd. Iserlohn, 1882, p. 459 ss.

2. LOTZE. *Metaphysik*. Leipzig, 1879, p. 506-507.

3. BOUTROUX. *De la contingence des lois de la nature*. Paris, 1874, p. 73.

4. BERGSON. *Matière et mémoire*. Paris, 1903, p. 41.

En dépit de la très grande et très légitime autorité qui s'attache aux trois noms de Lotze, de MM. Boutroux et Bergson, on ne voit pas que la science ait jusqu'ici tenu compte de ces doctrines. Cela s'explique aisément : M. Bergson, qui formule le problème avec le plus de précision, retourne fort ingénieusement la théorie électro-magnétique de la lumière ; mais cette réversion en modifie profondément l'essence. Le physicien qui considère les phénomènes électriques comme simples et la lumière comme une forme de ces phénomènes refusera certainement de suivre ce qu'il considèrera comme une théorie absolument opposée. Il pourra tout au plus concéder que les vibrations électriques, par suite d'un processus inconnu qu'elles subissent dans les extrémités des nerfs, se compliquent de manière à se transformer en ondes que nous appelons lumineuses. Mais cette hypothèse ne sera d'aucun secours à M. Bergson, puisqu'il restera toujours acquis que les vibrations, en dehors du corps, sont purement électriques, ne participent en rien à la nature de la lumière et sont susceptibles de créer chez nous des sensations autres que lumineuses.

Il est curieux que ces conceptions se soient produites seulement depuis le XIXe siècle, c'est-à-dire depuis que la théorie de l'énergie spécifique des nerfs a été formulée, alors que, cependant, depuis fort longtemps, on admettait que le son était dû à des vibrations matérielles, en d'autres termes que les mêmes vibrations pouvaient être ressenties directement comme telles par les organes du tact et comme sons par l'oreille.

Mais cette théorie ne fait que préciser ce qui, en fait, constitue le postulat fondamental du mécanisme. Dès le début et *à priori*, le mécanisme doit reconnaître que la sensation demeure pour lui inexplicable et il ne lui reste dès lors d'autre ressource que de faire bonne mine à mauvais jeu, de triompher hautement comme d'un résultat acquis de ce qui est la reconnaissance de la limite qu'il ne saurait franchir. Déclarer que la qualité de la sensation, son *quid proprium*, est engendrée par l'organe, n'existe pas en dehors de lui, c'est, en apparence, délimiter plus nettement le problème, l'écarter de la physique pour le cantonner dans la physiologie, en remettre la solution à une époque où cette dernière science aura à son tour accompli des progrès analogues à ceux de la première ; mais ce n'est là qu'un trompe l'œil. A supposer que

la physiologie arrive un jour à n'être plus qu'un chapitre de la physique, et que nous parvenions à connaître exactement ce qui se passe dans un nerf, nous savons d'avance, selon Leibniz et Herzen, qu'en y pénétrant nous ne pourrons y trouver que des mouvements mécaniques et rien de ce qui ressemble à une sensation. Il ne nous reste donc, si nous voulons continuer à prétendre avoir réellement expliqué l'univers, qu'à nier la sensation ou, si l'on aime mieux, à la traiter de quantité négligeable, d' « opinion » ou de convention, comme Démocrite ; nous dirions d'épiphénomène. Cela est, évidemment, étrange. Le phénomène n'est que sensation ; expliquer le phénomène, c'est donc expliquer la sensation. Comment prétendrait-on nous faire prendre pour une explication ce qui est une négation pure et simple?

Nous ne sommes pas surpris de cette constatation. Nous connaissons le véritable rôle du mécanisme et nous remarquons seulement que, serviteur fidèle de la causalité, il commence dès l'origine, en niant une partie de la réalité, l'œuvre de destruction du monde extérieur, œuvre que les principes de conservation et d'unité se chargent de mener ensuite à bonne fin. Assurément, les protestations des philosophes sont, à ce point de vue, tout à fait justifiées. Mais il est clair qu'en ce qui concerne la science, elles sont condamnées à rester sans effet. Si nos efforts n'ont pas été entièrement vains, le lecteur a saisi combien profondément les conceptions mécaniques pénètrent la science, à quel point elles font corps avec elle. Or, la sensation reste et restera toujours, fatalement, en dehors du mécanisme. Entendons-nous, cependant ; nous avons dit la sensation et non la sensibilité. Nous pouvons fort bien imaginer une théorie expliquant mécaniquement comment un organisme réagit d'une façon déterminée sous l'influence d'un rayon de lumière. La lumière étant un mouvement, on conçoit qu'elle puisse engendrer du mouvement. Mais si je suppose que l'organisme en question a une sensation de la lumière, cette sensation reste inaccessible à l'explication mécanique, tout comme la mienne. Affirmer qu'elle est un mouvement n'a aucun sens, car ma sensation de la lumière, j'en ai la certitude immédiate, n'a rien de commun avec celle du mouvement.

Nous trouvons donc ici une réelle limite à l'explication causale, en tant du moins que celle-ci s'exerce sous la forme du mécanisme ; et il est clair que cette limite est infranchis-

sable. On pourrait dire qu'il y a là quelque chose d'inconnaissable, de transcendant ; mais peut-être ces termes prêtent-ils à l'équivoque. Il faut se rappeler, en effet, que ce que nous affirmons ne pas connaître ici, c'est uniquement la *manière* dont le mouvement mécanique se transforme en sensation. Quant aux deux termes de la transformation, nous estimons au contraire les connaître parfaitement. Que la lumière soit un mouvement, cela, nous l'avons vu, est aussi certain qu'une conception théorique dans la science peut l'être ; et quant à la sensation, elle est le fait primordial d'où tous les autres se déduisent. Nous concevons parfaitement l'un et l'autre ; nous sommes obligés aussi de supposer qu'ils doivent être liés l'un à l'autre. En effet, ce mouvement fait naître cette sensation ; mais c'est une liaison que nous ne parvenons pas à rendre logique, elle reste à son tour un fait pur et simple. Il est donc préférable, pour empêcher toute méprise et mieux marquer la nature particulière de l'inconnaissable, du transcendant que nous supposons ici, de le désigner par un terme différent [1]. Nous nous servirons du terme : *irrationnel*. La signification très déterminée qu'on lui assigne dans les mathématiques ne saurait, semble-t-il, être gênante, et, d'autre part, le sens que nous lui attribuons ici se rapproche de celui qu'il prend par exemple dans l'expression : la mécanique *rationnelle*. Il a l'avantage de marquer nettement qu'il s'agit d'un fait que nous estimons certain, mais qui reste et restera incompréhensible, inaccessible à notre raison, irréductible à des éléments purement rationnels.

Il faut comprendre, d'autre part, qu'en posant l'existence de cette limite, nous affirmons, non seulement que nous ne parviendrons jamais à comprendre cet irrationnel, mais que nous ne nous approcherons pas indéfiniment de cette compréhension, que nous nous approcherons seulement de la limite. C'est là ce qui distingue notre concept de celui que Leibniz formule parfois. Leibniz semble admettre que la nature ne saurait rien réaliser qui soit contradictoire ou inintelligible. Ce qui nous paraît tel est infiniment compliqué et demanderait pour être compris une analyse interminable [2] ; c'est à défaut de cette dernière que nous faisons usage de l'expérience.

1. Certaines discussions qui se sont produites dans ce domaine nous semblent précisement dues à ce malentendu. Cf. notamment Fouillée. *L'abus de l'inconnaissable*. Revue philosophique, XXXVI, 1893, p. 365.

2. Leibniz, éd. Erdmann, *De scientia universali*, p. 83.

Leibniz résume cette doctrine en une de ces images saisissantes dont il avait le secret, en disant que toutes choses se font par des causes intelligibles, c'est-à-dire qui pourraient être saisies par nous « si un ange voulait nous les révéler[1] ». Nous dirons, avec Schopenhauer[2], que la révélation de l'ange ne nous servirait de rien, l'organe pour la saisir nous faisant défaut. Nous croyons donc, comme Spir[3], qu'il y a sur ce point contradiction irrémédiable entre notre intellect et la nature ou, ce qui revient au même, la sensation, l'intellect posant l'identité et la sensation exigeant la diversité.

Cet irrationnel, extérieur en quelque sorte aux théories mécaniques, n'est pas le seul dont nous soyons obligés de supposer l'existence, en acceptant l'image de la réalité telle que nous l'offrent ces théories; un élément analogue subsiste à l'intérieur même de ces doctrines. Nous l'avons rencontré déjà en traitant du choc et de l'action à distance. En effet, la manière dont les corps agissent les uns sur les autres est aussi peu concevable que leur action sur nos sens. Il sera cependant utile d'examiner à un point de vue un peu différent l'obstacle qui se présente ici.

Il ne saurait faire de doute, tout d'abord, que cette action mutuelle des corps est un élément essentiel, une des bases des théories mécaniques. Nous avons vu que, de fait, toutes la supposent; mais il est facile de se convaincre que cette supposition est nécessaire. Leur postulat fondamental, en effet, est l'existence de la matière. Or, Schopenhauer nous l'a dit, pour la matière être, c'est agir « nous ne pouvons même concevoir une manière d'être autre que celle-là »[4]. Les molécules qui tout à l'heure formaient l'eau liquide, transformées en vapeur, se sont soustraites à ma perception; c'est qu'elles se sont simplement dispersées dans l'air, mais elles continuent d'exister, chacune d'elles occupe une partie déterminée de l'espace, qui devient par là même impénétrable à toute autre molécule. Si cette *action* de l'atome cessait, l'atome lui-même cesserait d'exister. On pourrait objecter que, dans la théorie

1. Id. *Philosophische Schriften*, éd. Gerhardt, vol. VII, p. 265. Nous avons traduit *percipi* par *saisir*, à cause du contexte. La doctrine de Leibniz a été admirablement résumée par M. Couturat. *La logique de Leibniz*. Paris, 1901, p. 251, 256, 257. — Cf. cependant Appendice I, p. 411.

2. Schopenhauer. *Die Welt als Wille und Vorstellung, Saemmtliche Werke*, éd. Frauenstædt, vol. III, p. 206.

3. Spir. *Pensée et réalité*, p. 9 ss. — Cf. préface de Penjon, p. VII.

4. Cf. plus haut, p. 70.

cinétique des gaz, l'atome qui est censé n'exercer aucune action à distance, pendant qu'il traverse librement l'espace, c'est-à-dire entre deux chocs, n'agit pas à proprement parler. Sans doute. Mais précisément, pour concevoir qu'il existe dans l'intervalle, nous sommes obligés de supposer qu'il est sans cesse préparé à l'action, que l'action subsiste en lui à l'état de faculté, « en puissance », sans quoi il serait inconcevable qu'il pût l'exercer au prochain choc. M. Rosenberger, l'historien très compétent de la physique, s'est étonné de ce que les lois de la percussion qui constitue pourtant le phénomène fondamental de la physique, celui auquel on cherche à ramener tous les autres, n'aient été étudiées que tard et incomplètement dans un siècle pourtant fort adonné aux expériences[1]; par le fait la première étude de ce genre est celle faite par Mariotte dans son *Traité de la percussion* (1677). Mais c'est méconnaître le rôle que l'on destinait à ce phénomène dans les théories mécaniques. S'il devait servir à expliquer les autres phénomènes, à les rendre intelligibles, c'est qu'on le supposait lui-même intelligible. Sans doute, c'était une illusion; mais nous avons vu (p. 88 ss.) que cette illusion était commandée par la nature même de l'explication mécanique. Il est donc naturel que l'on ait prétendu déduire les règles du choc *a priori* : les rechercher *a posteriori* eût été contradictoire, tout au plus pouvait-il s'agir de les vérifier.

Dans le même ordre d'idées, on s'explique aisément pourquoi, ainsi que Cournot[2] et Stallo[3] l'ont établi très minutieusement, l'impénétrabilité n'est pas une notion d'expérience et ne semble même pas suggérée par celle-ci. Il suffit en effet de se reporter à l'opinion de Leibniz que nous avons citée[4]. Ce que Leibniz entend établir, c'est qu'à moins d'accepter une notion de ce genre, toute action mécanique réciproque entre des corps, c'est-à-dire tout phénomène, devient impossible. C'est donc, comme il le dit lui-même, un principe métaphysique et Schopenhauer a admirablement distingué l'essence de ce concept en déclarant que l'impénétrabilité n'était autre chose que le principe d'activité (*Wirksamkeit*) des corps[5]. Au

1. Rosenberger. *Geschichte*, vol. II, p. 175.
2. Cournot. *Traité de l'enchaînement*, vol. I, p. 246.
3. Stallo, *l. c.*, p. 64.
4. Cf. p. 59 et Appendice I, p. 407 ss.
5. Schopenhauer. *Die Welt als Wille und Vorstellung*, vol. I p. 12-13.

surplus, analysons au point de vue du principe d'identité les diverses hypothèses qui ont été formulées au sujet du mode d'action des corps. Ce que nous appelons force, c'est la faculté que nous attribuons à un corps d'en mouvoir un autre. Tant que cette faculté dans l'atome dynamique n'a pas à s'exercer, qu'elle reste en quelque sorte une conception abstraite, et que nous nous la représentons vaguement sous l'espèce de droites divergentes ou d'un fluide qui s'épand sur des surfaces sphériques de plus en plus grandes, nous n'éprouvons pas encore trop d'embarras. Mais quand, la force atteignant enfin un corps étranger, ce dernier doit se mettre en mouvement, notre imagination se révolte. En effet, ce qui a émané du premier corps et a voyagé, traversé l'espace, pour atteindre le second, n'était certainement pas un mouvement, l'hypothèse dynamique nous interdit expressément de le concevoir comme tel; et pourtant dès que le second corps a été atteint, cela s'est manifesté comme mouvement. Il y a donc eu là une transformation incompréhensible, un manque d'identité, c'est-à-dire qu'il n'y a plus d'explication.

A ce point de vue, le concept de l'action par contact paraît, au premier abord, plus satisfaisant. Le corps moteur était lui-même en mouvement, il n'a fait que *communiquer* ce mouvement à un autre corps; il semble donc que l'identité ait été maintenue et que quelque chose, le mouvement, se soit simplement déplacé, passant du premier corps au second : c'est, en somme, le mouvement considéré comme substance, ce qui est la conception d'où découle le principe d'inertie. Mais à mesure que nous approfondissons ce concept, nous le voyons se dérober à notre imagination. Il ne saurait y avoir de mouvement sans substrat matériel, sans quelque chose qui se meut. Le mouvement n'a rien d'une substance, et c'est tout au plus si nous pouvons le considérer comme un *état*. A supposer que nous acceptions ce dernier concept, que nous considérions que cet état doive durer indéfiniment, ainsi que l'exige le principe d'inertie, comment pourrait-il se détacher d'un corps pour s'attacher à un autre ? Il faudrait, comme l'a très justement remarqué Lotze[1], qu'entre les deux cet état existât un moment (infiniment court si l'on veut) en soi, comme une véritable substance, ce qui est absurde. Mais il n'est pas possible de supposer que cette transmission n'exige

1. H. Lotze. *Grundznege der Naturphilosophie*, 2e éd. Leipzig, 1889, p. 17.

qu'un espace de temps infiniment court. Tout, dans la nature, se passe dans le temps, et admettre que quelque chose puisse se produire en dehors de lui, c'est concéder que le cours de l'univers entier n'est plus conditionné par le temps[1]. En réalité, ainsi que nous l'avons déjà vu au deuxième chapitre, il est tout à fait impossible de se figurer la transmission du mouvement d'atome à atome sans faire intervenir une faculté spéciale, un agent mystérieux.

La déduction des phénomènes par le mécanisme ne réussit que parce que nous conservons, plus ou moins explicitement, à l'atome un principe d'activité transitive que nous dénommons impénétrabilité (solidité, antitypie). Cette qualité occulte se rattache, par une association d'images coutumière, à la matière. Mais le saut logique devient apparent si, au lieu d'atomes corpusculaires, nous posons des points dynamiques; la matière ainsi conçue perd toute possibilité de réagir, de manifester de la masse ou de l'inertie.

Considérons cependant que si l'action mécanique nous semble inintelligible, ce n'est pas faute de nous être familière. L'action par contact nous apparaît, à tous égards, comme la chose la plus naturelle du monde. Nous en avons la conscience immédiate par le sens du toucher et le sens musculaire, nous la subissons et l'exerçons nous-mêmes continuellement et elle est la source principale d'où découle notre concept de matière. Quant à la notion de force qui caractérise les hypothèses dynamiques, il est certain qu'à tout instant je subis l'action de la gravitation, que je n'ai qu'à tenir un objet dans la main pour le sentir tendre vers la terre, que toutes les parties de mon corps y tendent également, ce que je sens aussi fort bien et à tout instant, puisque je suis contraint de calculer mes mouvements en conséquence. La notion de force dérive d'ailleurs d'une sensation que nous désignons quelquefois par le même terme, mais que nous distinguons mieux en l'appelant effort. Mais cette action que j'exerce ou dont je suis l'objet, certaine en tant que fait, demeure inaccessible à mon entendement. C'est ce que nul n'a mieux compris, ni exprimé avec plus de vigueur que Hume. « La première fois, dit ce philosophe, que l'on voit le mouvement communiqué par impulsion, par exemple dans le choc de deux billes sur le billard, on peut dire que ces deux événements sont *conjoints* ; mais on n'oserait prononcer qu'ils

1. H. Lotze. *Grundzuege der Naturphilosophie*, 2e éd. Leipzig, 1889, p. 35.

soient *connexes* ; cette dernière assertion ne saurait avoir lieu qu'après avoir observé plusieurs exemples de la même nature. Or quel changement est-il arrivé qui ait pu susciter cette nouvelle idée, je dis l'idée de connexion? Tout se réduit à ce que l'on sent actuellement ces éléments liés dans l'imagination et que l'on peut prédire le second à l'apparition du premier.[1] » En d'autres termes, l'action mécanique est une loi, mais n'est point et ne saurait jamais devenir une déduction.

Remarquons en passant que Hume n'a pas été, à beaucoup près, le premier à émettre des opinions de ce genre. La nature transcendante de l'obstacle auquel se heurte ici notre compréhension a été reconnue depuis fort longtemps. Le problème, en effet, n'est autre que celui qui est connu sous le nom de « communication des substances ». Les scolastiques en avaient traité, et Holkot, notamment, a développé à ce sujet des idées dont la parenté avec celles de Hume est surprenante[2]. Locke a également affirmé que la communication du mouvement est incompréhensible[3]. Chez Leibniz cette incompréhensibilité fait partie intégrante de sa conception de l' « harmonie préétablie » — tout se passant en apparence comme si le mécanisme seul déterminait la marche du monde, mais en réalité chaque monade évoluant isolée, sans communication possible avec les autres, et offrant seulement, en vertu d'un ordre établi dès l'origine des choses, une image, un miroir du monde. L'occasionnalisme de Cordemoy, développé par Malebranche, précise que dans chaque rencontre de la matière l'intervention d'un agent mystérieux — la volonté de Dieu — est nécessaire. « Les corps n'ont aucune action, dit Malebranche; et lorsqu'une boule qui se remue en rencontre et en meut une autre, elle ne lui communique rien qu'elle ait : car elle n'a pas elle-même la force qu'elle lui communique. Une cause naturelle n'est donc point une cause réelle et véritable, mais seulement une cause occasionnelle, et qui détermine l'Auteur de la nature à agir de telle et telle manière, en telle et telle rencontre[4] ». Observons que ce que Malebranche appelle ici « une cause réelle et véritable » ne rentre pas dans

1. Hume. *Psychologie*, trad. Renouvier et Pillon. Paris, 1878 p. 469.

2. Cf. Gonzalez. *Histoire de la philosophie*. Paris, 1890, p. 408.

3. Locke. An *Essay concerning Human Understanding*. Londres, 1759, vol. I, cap. xxiii, p. 135.

4. Malebranche. *De la recherche de la vérité*. Paris, 1712, p. 113.

le concept de ce que nous avons désigné sous le terme de causalité scientifique. Nous verrons plus tard quelle est la notion dont il a fait usage. Ceci dit, revenons à l'analyse si précise de Hume.

Sa constatation, si l'on y réfléchit, n'est pas sans étonner. Nous avons, il est vrai, établi au chapitre II que l'atome ne saurait agir, même par contact; mais c'est que, comme nous l'avons reconnu au chapitre VII, l'atome n'est plus de la matière, qu'il a été dépouillé de toutes les propriétés qui constituent celle-ci, qu'il n'est à proprement parler qu'un morceau de l'espace. Mais ici nous avons raisonné, semble-t-il, sur la matière véritable, telle que la connaît le sens commun, et Hume, en parlant de ses billes de billard, se les représentait certainement réelles, visibles et *tangibles*. Se peut-il que ce concept même n'inclue pas l'action transitive ?

Nous venons de nous servir du terme *tangible* : c'est qu'en effet le sens du toucher paraît, à certains, le juge suprême de la réalité. C'est la théorie de la primauté du toucher qui, surtout depuis Berkeley, est devenue courante et que Buffon, Condillac, Maine de Biran, Stuart Mill, Spencer, Bain [1] ont adoptée. En ce qui concerne plus particulièrement le sens de la vue, elle suppose, comme l'a exposé Berkeley dans son admirable *Essai d'une théorie nouvelle de la vue*[2], que nos impressions visuelles ne sont que des signes que nous traduisons, par suite d'associations d'idées instantanées, en des images tactiles, notre notion de l'espace étant due uniquement au sens du toucher.

Disons tout de suite que cette théorie nous paraît difficile à accepter. Si réellement l'un de nos sens avait la faculté d'imposer absolument sa loi aux autres, il semble qu'un fait de cette importance devrait se révéler par des signes impossibles à méconnaître, par un sentiment profond et universel qui ne laisserait subsister aucun doute[3]. Or, il est facile de se rendre compte qu'il n'en est pas ainsi. La psychologie moderne nous

1. Cf. Dunan. *L'espace visuel et l'espace tactile*. Revue philosophique, vol. XXV, p. 136 et Lalande. Bull. de la Société française de philosophie, 3e année, 1903, p. 60.

2. Berkeley. *An Essay towards a New Theory of Vision*, *Works*, éd. Fraser, Oxford, 1871, vol. Ier, plus particulièrement § 45 ss.

3. Hartmann croyait que l'importance du toucher en tant que « sens de la réalité » est limitée à l'homme adulte, alors que, chez l'enfant, c'est le goût et, chez certains animaux, le sens olfactif qui jouent ce rôle. (*Das Grundproblem der Erkenntniss-theorie*. Leipzig, s. d., p. 5.)

offre à ce propos de précieux témoignages. Il s'agit d'observations sur les rapports de la sensation spatiale chez les aveugles-nés et les clairvoyants. Au XVII[e] siècle déjà Molyneux et Locke avaient remarqué qu'il y avait là un problème à résoudre[1]. Depuis, Hamilton a attiré l'attention sur l'observation de Platner[2]. Enfin, M. Charles Dunan a précisé ces conceptions en observant que, si nous sommes obligés de supposer que la sensation de l'espace est différente chez l'aveugle-né et le clairvoyant (ce dont tout le monde convient), nous devons également reconnaître que chez ce dernier la sensation de l'espace résulte du seul sens de la vue et que loin de transformer les images visuelles en images tactiles, comme le voulait Berkeley, nous traduisons celles-ci en celles-là[3]. Tout récemment, M. Lalande a présenté une observation qui tend également à démontrer que, dans certains cas, les perceptions visuelles nous donnent un sentiment de réalité objective plus puissant que n'importe quelle autre sensation[4]. Ces opinions ont fait l'objet d'une discussion approfondie à la Société française de philosophie[5]. Ce que nous voulons surtout retenir de cet intéressant débat, c'est qu'on n'y semble avoir fourni aucun argument précis en faveur de la primauté du toucher ce qui, répétons-le, serait surprenant si le toucher était le véritable sens de l'extériorité. Mais il est au contraire possible de montrer qu'il ne jouit à ce point de vue d'aucun privilège et de reconnaître en même temps d'où vient notre illusion à cet égard.

Constatons d'abord que le terme, comme bien d'autres formés par la vie commune, est imprécis. La langue est remplie de tropes. Ainsi, le toucher nous apparaît d'une part comme un sens particulier dont nous sommes doués; mais, d'autre part, ayant conçu l'existence du monde extérieur, nous appliquons aussitôt le même terme au phénomène extérieur

1. BERKELEY, *l. c.* § 8.

2. Cf. DUNAN, *l. c.*, p. 355.

3. *Ib.*, p. 152-153.

4. LALANDE. Revue philosophique, vol. LIII, 1902.

5. Bulletin de la Société française de philosophie, 3e année, 1903. p. 58 ss. — Il se peut que, comme le suppose M. KOZLOWSKI (*Psychologiczne zrodla*, Varsovie 1899, p. 43, 57 ss. *Zasady*. Varsovie, 1903, p. 234, 251) la difficulté de s'entendre en cette matière provienne surtout de ce qu'on cherche à déduire toutes les sensations spatiales d'une source unique, soit de la vue, soit du toucher ou du sens musculaire, et qu'il faille, chez les clairvoyants, attribuer la sensation de l'espace à deux dimensions à la vue, et la sentation de la troisième dimension aux autres sens.

qui semble conditionner cette sensation. De même que nous appelons *lumière* notre sensation et la vibration de l'éther qui se passe en dehors de nous, nous disons aussi : ces deux corps se touchent, alors que, bien entendu, nous ne pensons aucunement à leur attribuer le sens du toucher. Mais si nous écartons ce qui a trait à cette transposition, nous ne tardons pas à reconnaître qu'il s'agit, pour le toucher, d'impressions sensorielles spéciales, tout comme celles de l'ouïe et de la vue.

On peut s'en assurer directement en observant que les sensations tactiles, comme les sensations visuelles ou auditives, sont purement qualitatives et ne contiennent à aucun degré cet élément de grandeur continue qui nous paraît faire partie intégrante de notre concept de l'espace. Quand nous affirmons qu'une sphère est deux fois aussi grande qu'une autre, la seconde nous donnera-t-elle au toucher une sensation double de la première ? En aucune façon. Nous aurons simplement deux sensations analogues et différentes, à peu près à la manière de deux nuances d'une même couleur ou de deux tons différant d'une octave. Nous aurons l'occasion de revenir sur cette matière et nous verrons alors comment, à cette sensation qualitative, se superpose l'élément de grandeur (p. 316 ss.).

Si l'on part de la conception mécanique du monde extérieur. la sensation tactile, comme toute autre sensation, est inexplicable. Cela nous paraît moins évident que pour la vue ou l'ouïe, parce que, pour le toucher, la confusion entre notre sensation et le phénomène extérieur est plus complète; mais il suffit d'analyser un peu les concepts pour reconnaître que la notion de matière agissant mécaniquement, déplaçant une autre matière, ne contient rien du *quid proprium* de notre sensation du toucher. Le « moulin » de Leibniz ne produira pas plus cette sensation là que n'importe quelle autre. Sans doute si, comme le suppose Lotze, le monde réel contenait, en dehors des actions mécaniques, d'autres éléments, ceux-ci ne pourraient pas pénétrer dans ce « moulin », alors que les premières y entreraient librement. Mais c'est encore une illusion, fondée sur ce que, cherchant à *comprendre* le fonctionnement de notre cerveau, nous sommes contraints de nous le figurer sous les espèces d'un mécanisme. En réalité, nous n'avons aucune connaissance immédiate de la manière dont il fonctionne. Le fait même que c'est le cerveau qui est le siège des sensations et des idées est une découverte récente ; les

anciens le cherchaient, au moins partiellement, dans le cœur, et les langues modernes conservent encore des traces de cette opinion : un homme de cœur, le cœur a des raisons. Nous savons, pour l'avoir appris par l'observation extérieure, que le cerveau a à peu près la forme d'une grosse éponge ; mais il aurait celle d'un artichaut ou d'une orange que cela ne nous étonnerait pas davantage, car nous ignorons le rapport qu'il y a entre cette forme et son activité ; et le connaîtrions-nous qu'il ne nous apparaîtrait jamais comme logique, comme nécessaire, ainsi que Leibniz l'a si bien expliqué.

Le mouvement étant considéré comme le phénomène fondamental, il est tout naturel que la faculté, pour une matière, d'en mouvoir une autre nous apparaisse comme sa propriété essentielle ; d'où le concept d'impénétrabilité, qui fait le fond de la définition de la matière, et celui de masse, qui est l'expression numérique de cette faculté et qui, dans la théorie mécanique, se substitue entièrement au concept de matière. C'est donc cette faculté qui devient pour nous le vrai critérium de la matérialité. Or, comme nous venons de le constater, il y a confusion constante entre le toucher-sensation et le toucher-phénomène extérieur. Ce dernier (par suite de considérations que nous avons exposées p. 71) nous paraissant indispensable pour qu'il y ait action matérielle, le toucher-sensation en bénéficie et nous apparaît immédiatement comme revêtu d'une dignité particulière, comme révélateur de la matérialité et, par suite, de l'espace. Lucrèce proclame : « Il n'y a aucune chose, en dehors d'un corps, qui puisse toucher ou être touchée[1]. » Voilà, à première vue, un énoncé qui stipule nettement la primauté du tact. Mais il faut prendre garde que Lucrèce suppose que la *chose* peut toucher, ce qui, évidemment, ne saurait se rapporter au toucher-sensation. D'ailleurs, dans les vers qui précèdent immédiatement, Lucrèce a célébré superbement les effets destructeurs de la tempête, pour aboutir à cette déclaration : « Les vents sont des corps invisibles, puisque dans leurs effets et leurs habitudes, on les trouve semblables aux grands fleuves, qui sont des corps apparents[2]. » Ainsi, ce qui lui apparaît comme le signe distinctif de la matérialité (dans le cas précis de la

1. Lucrèce. *De natura rerum*, l. Ier, vers 305. Cf. l. II, v. 434 :
Tactus enim, tactus, pro Divom numina sancta
Corporis est sensus.

2. *Ib.*, l. Ier, v. 296-299.

matérialité de l'air) c'est bien la faculté de produire de l'effet, nous dirions la *masse*.

Mais si important que soit ce concept raisonné, déduit, de la matière, il est moins immédiat. A l'origine, nous n'en saurions douter, l'image du monde extérieur n'est faite que de sensations hypostasiées. Pouvons-nous abandonner résolument ce procédé? Il semble bien que l'effort que nous imposerions ainsi à notre imagination serait très grand. En effet, le monde extérieur n'étant que sensation, comment supposer la réalité de quelque chose qui en serait complètement dépouillé et qui, dès lors, ne pourrait plus redevenir sensation ? Car cette matière, c'est entendu, pourra bien en mouvoir une autre; mais ni elle ni aucune des matières sur lesquelles elle agira, ne pourront devenir pour nous une cause de sensation; elle serait donc sans rapport possible avec notre sensation et par conséquent s'évanouirait. C'est ce qui fait qu'en pensant à la matière nous retenons, par un effort puissant et inconscient, cet élément de sensation. Si l'on essaie de l'en dissocier complètement, l'imagination résiste. En d'autres termes et malgré la définition que nous en donnons, la matière reste pour nous surtout une sensation tactile et visuelle hypostasiée. M. Bergson a remarqué finement que les atomes soi-disant dépourvus de qualités physiques ne se déterminent en réalité « que par rapport à une vision et à un contact possibles[1] ». Observons, à ce propos, qu'à ce point de vue encore le tact ne jouit d'aucun privilège. On dit quelquefois que le monde des atomes est un monde d'aveugle; c'est parler fort inexactement, car s'il est certain que nous ne pourrons jamais voir les particules dont le mouvement constitue ce que nous appelons la lumière, il semble tout aussi évident que les particules corporelles ne pourront jamais nous procurer la sensation du toucher, celle-ci étant très probablement, tout comme la sensation lumineuse, une conséquence d'un ébranlement des terminaisons de nos nerfs par les *mouvements* de ces corpuscules. Le monde des atomes est donc aussi un monde d'anesthésique, c'est-à-dire, comme nous l'avons dit au commencement du chapitre, sans rapport possible avec notre sensation.

C'est ce qu'on voit plus clairement encore dans la théorie électrique. Là, en effet, le saut hardi a été accompli, tous les

1. Bergson. *Matière et mémoire*. Paris, 1903, p. 22.

rapports entre la sensation et le substrat supposé de la réalité, l'électron, ont été coupés : de toute évidence, ce « point singulier dans l'éther » n'a rién de tangible. Aussi ne prétendons-nous plus qu'il soit matériel : il doit *expliquer* la matière, mais il n'en est pas. D'ailleurs, le fait que cette théorie ait pu naître et acquérir si rapidement une place prépondérante dans la science constitue une preuve de plus contre la primauté du toucher : si ce sens était réellement le révélateur suprême de la réalité extérieure, une théorie de la réalité qui fait si complètement abstraction de ses impressions serait inconcevable.

Mais, quand nous pensons à la matière *tangible*, c'est le *toucher-sensation* qui se trouve au fond de ce concept et c'est de la même étoffe que sont faites les billes de billard de Hume ; il n'est donc pas étonnant que l'action transitive ne se trouve pas parmi leurs propriétés. C'est la simple constatation que deux sensations qui diffèrent l'une de l'autre sont aussi indépendantes l'une de l'autre, d'où il s'ensuit qu'hypostasiées en qualités, elles le restent également. « La solidité, l'étendue, le mouvement, sont autant de qualités complètes en elles-mêmes ; elles n'indiquent aucun autre événement qui en puisse être le résultat » dit Hume[1].

L'action transitive de la matière, la faculté de déplacer une autre matière, est donc bien quelque chose d'irrationnel dans le sens que nous avons donné plus haut à ce terme, c'est-à-dire qu'elle reste et restera irréductible à des éléments purement rationnels. Dès lors, l'explication du phénomène telle que nous la présente le mécanisme nous paraît encadrée, limitée, par deux irrationnels, l'un tourné du côté de l'objet : nous ne pouvons comprendre comment les corps peuvent agir les uns sur les autres ; l'autre du côté du sujet : nous ne comprenons pas comment les mouvements peuvent, en nous, se transformer en sensations.

Il est clair d'ailleurs que l'irrationnel, dans les deux cas, est du même ordre et nous pouvons même croire qu'il est identique. Il le devient si, abandonnant résolument toute hypostase de sensations tactiles, nous ne formons notre concept de matière qu'à l'aide de la notion d'action transitive, comme cela a lieu dans la théorie électrique de la matière ; dès lors, en effet, les sensations du tact devenant analogues à

1. Hume, *l. c.*, p. 453.

celles de l'ouïe et de la vue, l'énigme pour les unes et pour les autres est la même.

Mais nous pouvons parvenir au même résultat par une autre voie : en assimilant ce qui se passe en dehors de nous à ce qui se passe en nous. Quand des mouvements de la matière frappent certains de nos organes et se transforment, ils deviennent sensations ; d'autre part il se forme, dans les profondeurs de notre être, ce que nous appelons des volitions qui, passant par d'autres organes, deviennent des mouvements. Nous pouvons supposer que les seconds sont la conséquence des premiers. Dès lors, la sensation n'étant que l'aspect intérieur de l'action des corps sur nous et la volition l'aspect intérieur de notre action sur les corps, il nous est loisible de supposer que c'est par des sensations et des volitions que réagit la matière. Comme l'a dit Schopenhauer, nous serions, en exerçant un acte de volition, « derrière les coulisses » de la nature[1]. Sans doute, notre volition nous paraît libre ; mais la pierre lancée en l'air, si elle était douée de conscience, se figurerait, sans doute, monter et descendre par un acte de libre arbitre[2]. Il est évident, d'ailleurs, que cette assimilation n'explique rien, car nous ne comprenons pas comment une volition en nous se transforme en mouvement. Mais nous comprenons au moins que l'irrationnel pourrait bien être unique.

Que si nous nous référons à l'analyse à laquelle nous nous sommes livrés sur la signification du terme « cause », il est évident que nous venons d'assimiler un acte de la nature brute à un phénomène relevant, non pas de la causalité scientifique, mais de la causalité théologique. Sommes-nous donc allé trop loin en affirmant que celle-ci est entièrement exclue de la science? Oui et non. Remarquons d'abord que ce concept, en entrant dans la science, se transforme. L'acte de volition est libre par essence ; mais comme la science ne saurait embrasser que des phénomènes soumis à la domination de la loi, nous sommes nécessairement amenés à éliminer cette liberté, à la traiter en épiphénomène, à concevoir en

1. SCHOPENHAUER, *Ueber die vierfache Wurzel*, éd. Frauenstaedt. Leipzig, 1877, p. 145.

2. SPINOZA, *Opera*. La Haye, 1883, vol. II, p. 208. « Hic sane lapis quandoquidem sui tantummodo conatus est conscius, et minime indifferens, se liberrimum esse, et nulla alia de causa in motu perseverare, credet, quam quia vult. »



quelque sorte une volition dépouillée du sentiment de la liberté, ce qui est assurément contradictoire, mais, en l'occasion, indispensable. C'est ce que l'on voit clairement dans le passage de Malebranche (p. 277) qui, mettant en cause la divinité, est obligé de supposer que ses actes sont strictement déterminés, c'est-à-dire de la dépouiller, en cette circonstance, de son libre arbitre. Ce n'est donc plus tout à fait la causalité théologique ; c'est un concept approchant, intermédiaire en quelque sorte entre celui-ci et la causalité scientifique. Il tient de la première en ce qu'il suppose une dissemblance fondamentale, une hétérogénéité absolue entre la cause et l'effet ; et de la seconde, en ce qu'il exclut la liberté. On peut désigner ce concept comme celui de la *causalité efficiente*.

En outre, cette notion n'apparaît qu'à l'extrême limite du domaine de l'explication. La science, d'un effort puissant et inlassable, recherche l'identité dans les phénomènes, la leur impose même au besoin. Là où cet effort reste stérile, où se manifeste l'irrationnel, l'association mentale entre les deux concepts de causalité, — l'un issu de la raison et l'autre émané de la sensation immédiate du vouloir — glisse pour ainsi dire subrepticement, à la place du premier, le second ou du moins son reflet. C'est ce que faisait Malebranche, en attribuant l'action des corps à la volonté de la divinité. Avec cette seule différence que nous substituons à cette conception pseudo-théologique une conception pseudo-métaphysique, nous agissons de même en dotant les atomes d'une puissance mystérieuse que nous appelons *impénétrabilité* ou *force*, mais qui, bien entendu, sous cet aspect, reste aussi irrationnelle que l'acte de la divinité de Malebranche ; car l'effet qu'on entend produire est le mouvement et ce qu'on loge dans le corps ne peut être qu'une faculté. Il suffit d'ailleurs de scruter ces concepts pour reconnaître qu'ils dérivent des sensations indissolublement liées à des actes de volonté. Leibniz, en introduisant sa notion du principe d'action ou de passion, déclare qu'elle « est très intelligible quoiqu'elle soit du ressort de la métaphysique » ; mais ce terme d'intelligible n'a pas chez lui la portée que nous lui avons attribuée. Ce qu'il entend affirmer, c'est que le concept cherché correspond à quelque chose que nous sentons distinctement et directement, et l'accumulation des termes de *puissance*, d'*action*, de *résistance* et d'*effort* ne laisse aucun doute que la sensation qu'il évoquait par cette association d'idées était bien celle

qui accompagne en nous l'accomplissement d'un acte [1]. Bien entendu, tout comme la divinité de Malebranche, cette entité métaphysique, quoique dérivée de la volition, ne peut être libre. Impénétrabilité ou force entourant l'atome, l'une et l'autre nous apparaissent comme constantes. Elles pourraient sans doute à la rigueur varier dans le temps selon une règle définie — ce serait poser une loi sans raison possible, — mais elles ne sauraient varier librement sans déroger aux fondements mêmes de la science.

Les quatre concepts dont nous avons reconnu l'existence, et qui constituent quatre manières différentes de comprendre le rapport entre l'antécédent et le conséquent, ont des domaines différents. La *légalité* s'applique à tous les phénomènes sans exception qui font l'objet de la science et à chaque phénomène en particulier sous tous ses aspects, en tant du moins que nous le concevons comme étant un objet de la science. Nous cherchons à appliquer la *causalité scientifique* également à tous les phénomènes de la science et nous trouvons toujours, en violentant plus ou moins la nature, un côté du phénomène auquel elle peut s'appliquer ; mais, ainsi que l'établit M. Boutroux dans le passage que nous avons cité (page 259), jamais cette application n'est complète, jamais il ne peut y avoir persistance du tout, coïncidence, identité complète entre l'antécédent et le conséquent. Le phénomène type, celui auquel nous réduisons les autres, le mouvement, n'est lui-même explicable que si nous l'assimilons au repos. Dès que nous le concevons comme changement, des difficultés se manifestent que nous ne parvenons à vaincre qu'à l'aide d'artifices tels que le calcul infinitésimal. Le domaine de ce concept est donc plus restreint que celui du précédent. La *causalité théologique* gouverne les phénomènes en tant que nous les concevons comme échappant à la science, à la prévision et enfin la *causalité efficiente*, qui est une sorte de concept hybride, intermédiaire entre les deux derniers, s'applique, avec plus ou moins de bonheur, à la partie des phénomènes de la science qui échappent à la causalité scientifique, c'est-à-dire à leur côté irrationnel. La causalité théologique, par son essence même, est entièrement étrangère à la science ; la causalité efficiente y pénètre, facultativement, en pis-aller. Seuls les deux concepts de légalité et de causalité

1. Cf. Appendice I, p. 407 ss.

scientifique s'y appliquent d'une manière constante, elle est leur œuvre et ils la gouvernent véritablement.

Il convient ici de mentionner un autre concept encore, celui de finalité. Dans un passé assez récent, la finalité était en grand honneur dans la science. Sans parler de l'usage plus ou moins subreptice qu'on en faisait dans les sciences physiques proprement dites (usage qui, nous le verrons, n'a pas complètement cessé), elle paraissait seule susceptible de fournir des points de vue vraiment synthétiques dans les sciences de l'être organisé. Sans doute, Descartes avait affirmé que l'organisme n'était qu'une machine et, au XVIII[e] siècle, les matérialistes avaient magnifiquement développé cette thèse. Mais elle paraissait une vue toute métaphysique et d'où il était impossible de tirer des indications précises pour des recherches expérimentales. Qu'il y eût, dans chaque être organisé, un ensemble adapté merveilleusement au milieu et au mode d'existence, c'est ce qu'une observation même superficielle permettait d'apercevoir et ce qu'une étude approfondie confirmait. C'est sur cet accord qu'était fondée la preuve téléologique de l'existence de Dieu qui, on le sait, a occupé pendant de longs siècles une place considérable dans la pensée de l'humanité. A la veille presque des travaux de Lamarck, dans un milieu très porté vers le matérialisme, l'abbé Galiani a formulé cette opinion avec beaucoup de force et d'éloquence[1]. Kant était également d'avis qu'on ne pourrait jamais se passer, pour l'explication des êtres organisés, des considérations de finalité : « Il est absolument certain que nous ne pouvons apprendre à connaître d'une manière suffisante et, à plus forte raison, nous expliquer les êtres organisés et leur possibilité intérieure par des principes purement mécaniques de la nature, et on peut soutenir hardiment avec une égale certitude qu'il est absurde pour des hommes de tenter quelque chose de pareil, et d'espérer que quelque nouveau Newton viendra un jour expliquer la production d'un brin d'herbe par des lois naturelles auxquelles aucun dessein n'a présidé ; car c'est là une vue qu'il faut absolument refuser aux hommes[2]. »

1. *Mémoires inédits de l'abbé* MORELLET, etc., 2[e] éd. Paris, 1822, vol. I[er], p. 135 ss.

2. KANT. *Critique du jugement*, trad. BARNI, vol. II, § 74, p. 77. — En dépit de ce qu'a dit à ce sujet RENOUVIER (*Esquisse d'une classification*, etc., p. 195), nous croyons que M. HÆCKEL (*Histoire de la création*, Paris 1874, p.



La situation s'est complètement modifiée avec l'avènement de la théorie ou du principe d'évolution. Cependant, sur ce point, il convient de préciser.

En effet, si l'on essaie de fixer avec exactitude la portée de ce principe, on constate qu'il ne paraît pas être conçu dans le même sens par tout le monde. Ainsi, certains philosophes accusent les biologistes d'en fausser le sens ; ils déclarent que pour en saisir la vraie signification il importe de le « dégager de sa gangue matérialiste[1] ». Cette situation ne laisse pas que d'étonner, si l'on se rappelle que le concept d'évolution a surgi à propos de faits et de théories biologiques et qu'à l'heure actuelle encore, c'est surtout dans cette science qu'il trouve son application. On soupçonne aussitôt qu'il doit y avoir, entre les deux camps, un malentendu. Nous croyons qu'il est possible de montrer qu'il en est réellement ainsi, que le principe d'évolution est double] ou, si l'on aime mieux, qu'il présente deux faces, l'indétermination provenant de ce que les sciences biologiques se trouvent, en comparaison des sciences physiques, dans un stade de développement infiniment moins avancé, et que, par conséquent, la différenciation qui se produit dans celles-là ne s'impose pas simultanément dans celles-ci.

Reportons-nous à l'époque de la grande discussion entre Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire. Qu'affirmait la théorie régnante ? Elle maintenait que les espèces doivent être considérées comme fixes, invariables, chacune ayant surgi avec des caractéristiques déterminées et les ayant conservées si elle subsiste encore ou, si elle a disparu, jusqu'à cette disparition même. Les novateurs, au contraire, prétendaient que l'espèce, par le fait même de sa vie, se modifie. Tout le monde était et est, semble-t-il, encore à peu près d'accord sur le sens dans lequel se produit cette modification de l'espèce, ou son *évolution*, comme on a désigné ce concept plus tard : c'est que l'espèce s'adapte de mieux en mieux à son entourage, elle

90 ss.) a raison et que ce passage est contredit par ce que Kant a dit quelques pages plus loin (*l. c.* § 79, p. 111). Mais si on ne peut faire disparaître la contradiction logique, on peut comprendre à la rigueur, au point de vue psychologique, comment Kant y a été amené. Kant était sans doute, au point de vue abstrait, convaincu que tout devait s'expliquer « par des raisons de méchanique » comme disait Leibniz. Mais pour l'être organisé, l'évidence de la finalité lui est apparue, au moment même où il examinait cette question, à tel point écrasante, que le problème causal lui a semblé cardinalement insoluble.

1. E. Le Roy. *La nouvelle philosophie*. Revue de métaphysique, IX, 1901, p. 294



s'arrange de manière à éviter les dangers qui la menacent ou à en triompher et à prendre, dans le monde, le maximum de place.

Si l'on s'arrête à cette conception, on voit que l'évolution postule un devenir, le changement de l'état présent en vue d'un état futur. C'est donc un concept analogue au principe de Carnot : de même que le corps dont la température est supérieure à celle des corps qui l'entourent cherche à se mettre en équilibre avec eux, de même une espèce animale, transportée dans un milieu qui ne lui convient pas, cherche à se modifier de manière à amener un état que l'on peut également qualifier d'équilibre. Et l'on comprend dès lors comment M. Jean Perrin, en cherchant à désigner le principe de Carnot par un terme général, a trouvé cette appellation de principe d'*évolution*, analogue au terme allemand *des Geschehens* que nous avons mentionné [1].

C'est dans cette acception que les philosophes dont nous avons parlé ont compris le principe.

Mais, nous l'avons vu, le principe de Carnot n'est pas, par lui-même, rationnel. Il est rationnel que les choses demeurent, et non pas qu'elles changent. Le principe biologique d'évolution, ainsi compris, ne sera donc pas rationnel non plus, *Pourquoi* l'espèce animale cherche-t-elle à s'adapter et quelle est la force mystérieuse qui l'y pousse ? Voilà des questions que notre raison ne cessera de poser et auxquelles la science explicative devra répondre ; c'est pourquoi tous les efforts des philosophes tendant à l'arrêter sur cette pente, à maintenir au principe d'évolution son sens de principe de changement sont et demeureront vains. Tout comme pour le principe de Carnot, notre raison ne sera satisfaite que si elle peut l'adapter au mécanisme. Cette nécessité est même, en biologie, beaucoup plus pressante qu'en physique. En effet, le principe de Carnot est une loi empirique directement observable, c'est la plus générale et la plus commune des règles, elle gouverne la totalité des phénomènes. Il s'en faut de beaucoup qu'il en soit de même de la variabilité des espèces animales et végétales ; en admettant même que ce soit un fait absolument démontré, il est loin de s'imposer à notre attention autant que celui du rétablissement de l'équilibre de température. C'est pourquoi il n'a pu prendre réellement place dans la science

1. J. Perrin. *Traité de chimie physique*. Paris, 1903, p. 141. — Cf. plus haut, cap. VIII, p. 242.

que quand on en avait fourni une explication, ou du moins indiqué une voie par laquelle il semble possible d'en trouver une. C'est ce qu'ont fait ou du moins tenté de faire les initiateurs du concept d'évolution en biologie : Lamarck, Darwin, Wallace. Ont-ils réussi ? A ce sujet les avis, parmi les biologistes eux-mêmes, diffèrent.

Cependant, un certain nombre de points semblent acquis. En tous cas, les biologistes partisans de l'évolution semblent convaincus que, soit une des causes déjà indiquées à l'heure actuelle, telles que l'hérédité des caractères acquis, la sélection par l'attrait sexuel, la sélection par la lutte pour la vie, etc., soit l'ensemble de ces causes, soit même l'intervention de causes auxquelles on n'a pas encore pensé jusqu'ici, suffisent pour expliquer ce qui nous apparaît comme une tendance vers un état futur. Le principe d'évolution ainsi *expliqué* ressemble au principe de Carnot interprété par la théorie de Maxwell. Il devient une conception causale, un principe de *conservation ;* il tend, en effet, à nous faire voir que toutes les formes de la vie organisée qui nous sont connues sont issues, par des transformations multiples et graduelles et sous l'action de causes explicables, c'est-à-dire mécaniques, d'une forme unique et simple. C'est un développement tout à fait analogue à celui de la nébuleuse primitive censée avoir engendré de son sein, en vertu de forces qui lui étaient inhérentes de toute éternité, toute la diversité de notre système planétaire.

L'évolution devient donc, comme M. Wilbois l'a remarqué, une pure apparence recouvrant une fixité véritable[1], c'est-à-dire qu'on substitue à la genèse une épigenèse.

Si l'on adopte cet aspect du principe qui est bien, comme il est aisé de s'en convaincre, celui sous lequel il apparaît généralement aux biologistes[2] les raisonnements de l'abbé Galiani et de Kant ne paraissent plus valables et l'on ne voit plus la nécessité de recourir, pour l'explication du monde organisé, à la finalité. La causalité paraît susceptible d'entreprendre cette tâche, ce qui revient à dire, nous l'avons vu, que l'on a l'espoir de ramener l'être organisé au mécanisme

1. J. Wilbois. *L'esprit positif.* Revue de métaphysique, X, 1902, p. 335.

2. Cf. par exemple Jacques Loeb. *Zur neueren Entwicklung der Biologie.* Annalen der Naturphilosophie, t. IV, 2. Cette conception est d'ailleurs également celle de nombre de philosophes. Cf. René Berthelot. Bulletin de la Société française de philosophie, 5e année, 1905, p. 250 ss. et Hermann Cohen. *Logik der reinen Erkenntniss.* Berlin, 1902, p. 247.

pur. Nous avons fait ressortir (p. 48) dans quel prodigieux lointain ce résultat doit nous apparaître à l'heure actuelle; mais enfin, nous n'avons pas conscience d'en être séparés par un mur infranchissable, nous ne voyons là aucun inconnaissable, rien de transcendant, à l'exception bien entendu de la sensation et de la volition; celles-ci sont et resteront éternellement irrationnelles, tout comme l'action transitive dans la nature inorganique, et, à supposer que l'explication d'un être organisé puisse être complète, elles apparaîtront comme des épiphénomènes, puisqu'elles ne sont que la forme intérieure d'un phénomène dont l'aspect extérieur seul est accessible à la science rationnelle.

D'ailleurs, en supposant que cette réduction au mécanisme fût poussée jusqu'au bout, il est clair que l'être primitif, origine de tous les autres, devrait à son tour être conçu comme ayant évolué de la matière inorganique. Cette conclusion peut paraître hasardée au point de vue expérimental, étant donné que les résultats des travaux microbiologiques tendent plutôt à nous faire rejeter la génération spontanée; elle constitue pourtant le couronnement nécessaire de l'édifice, ainsi que du reste l'ont proclamé d'éminents évolutionnistes.

Si l'on embrasse d'un coup d'œil la marche de la science, on ne saurait méconnaître que la finalité tend à reculer constamment devant la causalité, ainsi que Laplace[1] l'avait déjà affirmé, et comme Sully-Prudhomme[2] l'a pleinement mis en lumière. C'est que notre esprit n'hésite jamais entre les deux modes d'explication : chaque fois qu'une explication causale s'offre, même lointaine, même embrouillée, l'explication finale lui cède immédiatement la place. Que l'avenir soit déterminé par le présent, cela sans doute paraît obscur à notre entendement, obligé de formuler ce postulat afin de pouvoir vivre et agir. Mais que le présent soit déterminé par l'avenir qui n'existe pas encore, qui pourra bien ne pas exister si j'admets mon propre libre-arbitre, si je ne conçois pas le cours de l'univers comme entièrement déterminé, c'est ce qui répugne absolument à la raison. Le seul moyen de diminuer cette répugnance consiste précisément à confondre cause et fin, en supposant la détermination absolue du tout. Alors, en effet, le

1. Laplace. *Théorie analytique des probabilités, Œuvres*. Paris, 1886, vol. VII, p. VI.

2. Sully-Prudhomme et Richet. *Le problème des causes finales*. Paris, 1903, p. 90.

monde nous apparaît comme un seul bloc rigoureusement déterminé dans tous ses détails par chaque détail en particulier. C'est un point de vue que les encyclopédistes aimaient à développer. « L'univers, pour qui saurait l'embrasser d'un seul point de vue ne serait, s'il est permis de le dire, qu'un fait unique et une grande vérité » écrivait d'Alembert, et Diderot a dit : « L'indépendance absolue d'un seul fait est incompatible avec l'idée du tout[1]. » Dans l'univers ainsi conçu, il devient indifférent que nous voulions déterminer l'avenir par le présent ou, au contraire, le présent par l'avenir. Mais nous ignorons complètement si, en réalité, l'univers constitue un tel bloc. S'il existe, notre entendement ne nous permet pas de le connaître ; afin de percevoir, nous sommes obligés au contraire de le disjoindre en phénomènes isolés, et pour agir nous sommes aussi forcés de croire qu'il n'existe pas, que le cours du monde n'est pas déterminé d'avance, que nous sommes libres d'influer sur lui.

Il est clair, en outre, que la finalité implique la prescience, laquelle à son tour suppose la conscience. Si je fais telle chose pour atteindre telle fin, c'est que je prévois que l'acte amènera la conséquence que je désire. Sans doute, en apaisant ma faim et ma soif, en accomplissant un acte sexuel, je n'ai conscience que de suivre un besoin immédiat, un instinct obscur, alors que par la réflexion j'arrive à concevoir qu'il y a là des actes de finalité dirigés vers la conservation de l'individu ou de l'espèce. Mais c'est qu'alors je suppose qu'une concience supérieure, la Nature, Dieu, connaît ces fins ; comment pourrait-elle autrement les vouloir ? A moins, bien entendu, que je ne parvienne, comme le fait la théorie évolutionniste, à retourner vers la causalité en imaginant que seules les espèces ont pu persister où ces besoins et ces instincts s'étaient formés et perfectionnés ; auquel cas la finalité n'est qu'apparente et cède aussitôt la place. Mais si j'affirme qu'un rayon de lumière se rend d'un point à un autre par le chemin le plus court et si je veux voir dans cet énoncé autre chose qu'une règle empirique, j'attribue, semble-t-il, au rayon non seulement le choix des chemins à suivre, mais encore la connaissance anticipée du résultat à obtenir. C'est là assuré-

1. Diderot. *Œuvres*, Paris, vol. II, § II. Leibniz déjà avait dit : « Car il faut savoir que tout est lié dans chacun des mondes possibles. L'Univers, quel qu'il puisse être, est tout d'une pièce comme un océan » (*Opera philosophica*, éd. Erdmann, p. 506).

ment une vue qui, comme le dit M. Poincaré « a quelque chose de choquant pour l'esprit[1] » et dont notre imagination cherchera toujours à s'affranchir. Elle y est parvenue, comme on sait, dans ce cas particulier, et la prétendue « économie » de la nature s'est transformée pour nous en une sorte de prodigalité, puisque nous supposons que des ondulations naîtraient dans toutes les directions si elles ne se compensaient mutuellement.

Lange a déclaré que toute intrusion de causes finales qu'on ferait intervenir à côté des forces agissant selon la nécessité ne pourrait avoir d'autre sens que de fermer arbitrairement aux investigations une partie du domaine de la science[2]. C'est méconnaître que les considérations finalistes peuvent n'être que provisoires. Il nous semble au contraire évident qu'elles sont capables de rendre d'immenses services là où la causalité n'a pu encore pénétrer. Il est certain qu'avant les théories évolutionnistes elles pouvaient seules permettre des vues d'ensemble dans les sciences biologiques. A l'heure actuelle encore, et tout en professant en théorie l'évolutionnisme le plus pur, le biologiste qui étudie le fonctionnement d'un organe raisonnera, la plupart du temps, comme si cet organe avait été, par une volonté consciente et presciente, adapté spécialement à la fonction. Il n'y a là nulle contradiction : le savant a simplement le sentiment, comme tout homme, que l'explication causale est chose lointaine et malaisée et il conçoit l'explication finaliste comme provisoire, comme un acheminement[3].

Certains principes très généraux de la science, comme le principe de moindre action et le principe de Carnot, ont comme une apparence de finalité ; mais on peut voir précisément par ce dernier principe que des considérations finalistes, si elles peuvent nous aider à découvrir des vues d'ensemble sur la nature, ne sont pas susceptibles de satisfaire notre besoin d'explication. Le principe de Carnot, qui affirme que l'état présent doit se modifier au profit d'un état futur à

1. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, p. 154. On peut rapprocher, de cette opinion, celle émise par Descartes et que nous avons citée p. 65.

2. Lange, *Geschichte des Materialismus*, p. 14.

3. C'est à cette conception de la valeur *provisoire* de l'explication finaliste que nous semblent aboutir aussi les remarquables observations de M. Goblot, *Fonction et finalité*. Revue philosophique, XLVII, 1899. *La finalité sans intelligence*, Revue de métaphysique, VIII, 1900. *La finalité en biologie*, Revue philosophique, LVIII, 1904.

atteindre, reste une pure règle empirique. Si nous voulons le rendre rationnel, nous sommes obligés de rechercher une théorie mécanique, c'est-à-dire une explication causale.

Il est d'ailleurs facile de se rendre compte pourquoi on n'a jamais essayé de faire valoir le principe de Carnot comme « cause finale ». C'est qu'il n'y a aucun moyen de représenter le but vers lequel il fait tendre la nature comme un but *raisonnable*. Or, c'est là ce dont le vrai finalisme ne saurait au fond se passer. De même que la cause, la fin doit être intelligible, ce qui, pour celle-ci, aboutit à demander qu'elle nous paraisse digne qu'on y tende. C'est dire que nous ne saurions nous débarrasser, en cette matière, de l'anthropomorphisme, des considérations anthropocentriques. Cela se voit clairement chez le plus récent et le plus compétent des défenseurs du finalisme dans la science. M. de Lapparent estime que la constitution de réserves de houille dans les profondeurs de l'écorce terrestre « atteste un dessein merveilleusement poursuivi »; toutes les particularités des gisements, l'épaisseur des couches, l'intercalation de masses stériles, le fait que le terrain carbonifère ne soit pas trop facile à atteindre (ce qui empêche le gaspillage), lui paraissent concourir à cette démonstration. Mais, bien entendu, le but de cette « trame trop bien ourdie » ne peut être autre que de « préparer l'avènement du roi de la Création[1] ». En effet, à supposer qu'il y ait dans l'univers une chose dont l'intérêt prime celui de l'humanité, nous sommes certainement incapables de le reconnaître. Spinoza et Schopenhauer ont mis hors de doute que le principe « la nature ne fait rien en vain » ne saurait signifier que : « elle ne fait rien qui ne soit utile à l'homme[2] ».

Mais causalité et finalité ne pourraient-elles subsister côte à côte, comme explication des mêmes phénomènes ? On a supposé qu'au-dessus de groupes de faits liés par la causalité, il pouvait y avoir une « pensée directrice » liant ces groupes. Considérons, par exemple, des maçons construisant une maison. En apparence, ce sont leurs actes seuls qui déterminent l'œuvre; pourtant ils ne font qu'exécuter les plans de l'architecte. Fixons d'abord les limites de cette hypothèse : elle est inapplicable à l'intérieur de séries de faits régis par

1. A. de Lapparent. *Science et apologétique*. Paris, 1905, p. 191-211.

2. Schopenhauer. *Saemmtliche Werke*, éd. Frauenstaedt. Leipzig, 1877, vol. III, p. 387.

des lois. Les maçons, étant des hommes, ont leur libre-arbitre ; ils ont le choix des actes qu'ils accomplissent et par conséquent, s'ils n'ont pas eux-mêmes conçu une fin, ils peuvent bien chercher à atteindre celle qui leur est indiquée par autrui. Mais dans le cas d'agents inorganisés dont les actions sont soumises à des règles inflexibles, il n'existe aucun choix, tout étant déterminé. La finalité ne peut donc se glisser nulle part. Elle ne peut pas soustraire le phénomène à la domination de la loi et elle ne peut régir directement que ce qui n'apparaît pas comme gouverné par la loi, c'est-à-dire ce qui est en dehors de la science.

Par contre, rien n'empêche qu'à l'intérieur même de la science légale tout ce qui n'est pas expliqué par la causalité, tout ce qui n'est pas rationnel, soit conçu comme régi par la finalité. Toute règle purement empirique, du fait même qu'elle ne nous apparaît pas comme nécessaire mais comme contingente, peut être conçue comme émanée d'une volonté visant une fin. Tant que j'ignore pourquoi l'eau fond à 0° et bout à 100°, tant que ces constantes m'apparaissent comme arbitraires, il m'est parfaitement loisible de m'imaginer qu'elles résultent d'un décret du libre-arbitre divin. Mais si, un jour, on parvient à expliquer ces constantes à l'aide de considérations sur l'arrangement des atomes d'hydrogène et d'oxygène, la supposition sur ce point deviendra inadmissible et je serai obligé de la reporter plus loin.

Les limites extrêmes de ce recul forcé peuvent d'ores et déjà être indiquées ; elles coïncident évidemment avec celles de l'explication causale possible. Ainsi ce qui est irrationnel, l'action transitive, la sensation, pourra toujours, et quel que soit le développement futur de la science, être conçu comme final, comme dû à l'intervention de la divinité, comme institué par elle dans un but d'ailleurs indéfini. L'occasionnalisme restera toujours irréfutable au point de vue scientifique.

CHAPITRE X

LES THÉORIES NON MÉCANIQUES

En traitant de l'explication possible du changement d'état d'un corps par le déplacement (p. 84) nous avons reconnu que deux voies nous sont ouvertes. Nous pouvons supposer que l'arrangement ou le mouvement des parties du corps s'est modifié : c'est l'explication mécanique; mais nous pouvons prétendre aussi qu'à la substance du corps s'en est jointe une autre, invisible mais préexistant autre part. Si nous appliquons cette méthode d'explication au phénomène calorique, nous aboutirons à la théorie de la chaleur-fluide. En général, nous édifierons des théories d'une classe différente de celle des théories mécaniques et qu'on peut désigner sous le terme générique de « théories de la qualité. »

Nous venons de voir, au chapitre précédent, que la véritable qualité, le *quid proprium* de la sensation, n'a pas de place dans le mécanisme. La sensation y reste, quoiqu'on fasse, inexplicable. Est-il possible de procéder autrement que ne le font les théories atomiques ? Il faudra, évidemment, partir de la sensation et l'objectiver. C'est ce que nous faisons constamment et instinctivement. Nous avons la sensation du rouge, mais au lieu de la traiter comme quelque chose nous appartenant, nous la transportons en dehors de nous, nous la lions à d'autres sensations, en formant ainsi ce que nous appelons un objet dont nous affirmons l'existence ; c'est ainsi que ce qui était primitivement notre sensation devient une *qualité* de l'objet : l'objet est rouge. C'est là ce qu'on appelle le « sens commun » — les philosophes disent le « réalisme naïf » : c'est en effet un « système » métaphysique, un ensemble de conceptions sur les causes de nos sensations, sur la « chose en soi. »

Or, il est facile de constater que le sens commun admet qu'un objet puisse changer une partie de ses qualités et pour-

tant rester le même. Ce chien, maintenant adulte, ne ressemble guère à ce qu'il était il y a quatre ans, alors qu'il venait de naître; nous considérons cependant que c'est le *même* chien. On a gratté la peinture rouge de la table et on l'a peinte en noir : nous n'hésiterons pourtant pas à dire que c'est encore la même table. Dans le cas du chien, nous voyons bien d'où nous vient cette conviction. Les hommes, je le sais par moi-même, j'en ai la sensation immédiate, conservent leur identité en dépit de changements très profonds. Je me rappelle à peu près mon aspect à l'âge de dix ans et je n'hésite pas à déclarer que ce petit garçon, c'était moi; je puis être un jour complètement défiguré par une maladie ou un accident, mais ce sera toujours moi. L'homme qui croit aux contes de fées admet qu'il peut être changé en animal, tout en gardant conscience de la continuité de son moi. C'est que l'animal nous apparaît comme un être auquel nous supposons des sensations et des volitions analogues à celles des hommes; il est donc naturel d'admettre qu'il y a en lui un principe d'identité, complètement différent de son aspect extérieur. En d'autres termes, si je crois que le chien est le même qu'il y a quatre ans, c'est que je suis convaincu qu'il est un *sujet* à peu près comme j'en suis un moi-même. Il n'en est pas ainsi pour la table; mais il se peut, à la rigueur, qu'une assimilation inconsciente entre cet objet et les êtres animés soit pour quelque chose dans notre croyance. Il est certain aussi que la grossièreté de nos sens y aide. L'objet, à première vue, nous apparaît réellement le même, identique à ce qu'il était autrefois et ce n'est qu'en le considérant de plus près que nous nous apercevons que de légères différences se sont produites : le chien a engraissé, le vernis de la table est moins frais. En tout cas, cette conviction d'une identité foncière existe même pour les objets inanimés, elle est un fait. Seulement elle flotte, car, dans ce cas, je n'ai plus de critérium certain. Quels sont les changements que j'admettrai sans pouvoir cesser de déclarer que la table est restée la même? Je serais bien embarrassé pour le définir, ainsi que l'indique la classique plaisanterie du couteau de Jeannot. Mais, plus ou moins consciemment, je classe les qualités de la table en plus essentielles, telles que la matière dont elle est faite ou ses dimensions, et en moins essentielles, comme sa couleur et le fait d'être pourvue de roulettes. Ce qui me guide, évidemment, c'est la facilité plus ou moins grande à agir sur les unes ou sur les autres :

il y a des propriétés qu'il est, je le sais, à peu près impossible de modifier. Si, en examinant la table, je trouve qu'une craquelure dans la planche, que j'avais aperçue autrefois, n'existe plus, je concevrai des doutes sur son identité.

En appliquant ces notions à la variation des choses dans le temps, on peut admettre qu'il y a en elles une *substance* immuable et des *accidents* changeants.

Il semble, à première vue, que nous soyons parvenus ainsi aux fondements mêmes du péripatétisme. Mais il faut prendre garde : la véritable doctrine d'Aristote, Malebranche l'a dit, n'est pas une physique, mais une logique. De ce chef, elle nous échappe ici. Mais on peut, croyons-nous, établir qu'en traitant des phénomènes physiques, le péripatétisme, surtout au moyen âge, avait une tendance à sortir de ce cadre purement logique et qu'alors il donnait naissance en effet à des théories analogues à celles que nous venons de désigner.

Nous avons vu que l'atomiste, par une opération mentale précédant toute recherche théorique, retranche de la réalité une immense partie de la sensation, en déclarant qu'il n'y a rien au delà de la matière et du mouvement. Le péripatéticien — nous nous servirons de ce terme sous les réserves que nous venons d'indiquer — n'est pas obligé de procéder ainsi. Il est incontestablement, à ce point de vue, plus près du sens commun. On ne peut mieux caractériser les traits distinctifs de cette méthode que ne l'a fait Paul Tannery : « D'une part, tendance à s'attacher aux phénomènes tels que les sens les révèlent à l'observation superficielle et grossière, on peut même dire respect marqué pour les croyances vulgaires, du moment où elles ne sont pas visiblement erronées ; d'autre part, tendance à remonter le plus haut possible et le plus tôt possible dans la série des causes, mais cela par simple analyse du concept et sans aucun retour nouveau à l'expérience[1]. » A ce tableau, destiné à marquer les traits distinctifs de la philosophie du Stagirite lui-même, une seule et légère retouche est nécessaire pour qu'il corresponde exactement aux tendances qui dominaient les doctrines des philosophes dont nous parlons ; c'est que, le nombre des faits connus s'étant accru, il est davantage question d'expériences et un peu moins des faits appartenant au sens commun propre. Mais c'est toujours de préférence à l'aide d'un processus logique et en suivant

1. P. Tannery. *Les principes de la science de la nature chez Aristote.* Congrès de philosophie de 1900, vol. IV, p. 214.



dans la mesure du possible les traces d'Aristote lui-même qu'on cherche à faire le départ entre la substance et l'accident, entre ce qui demeure et ce qui se modifie. Il est clair par conséquent, qu'en partant de la notion de l'objet tel que nous le présente le sens commun, c'est-à-dire d'un ensemble de qualités, on n'a aucun motif pour attribuer à la substance des propriétés purement mécaniques ; on peut au contraire choisir librement parmi les qualités des corps celles qu'on proposera de considérer comme « substantielles ». En effet, toutes les qualités des objets ne sauraient demeurer, certaines sont purement accidentelles ; quand un corps cesse d'être rond, qui donc, selon la juste remarque de Condillac, demandera ce qu'est devenue sa rondeur[1] ? Mais quand un corps cesse d'être chaud ou devient humide, nous pouvons fort bien rechercher ce qu'est devenue sa chaleur et d'où lui vient l'humidité. Ce sont en effet ces deux qualités, le chaud et l'humide, qu'Aristote considérait comme les plus essentielles des corps, en y joignant, comme on sait, le froid et le sec, qui ne sont que leurs contraires. Ces quatre qualités, associées par paires, caractérisaient ses quatre éléments qui étaient : le chaud-sec (le feu), le chaud-humide (l'air), le froid-humide (l'eau) et le froid-sec (la terre).

En faisant abstraction, encore une fois, de la portée logique et métaphysique de la doctrine et en s'en tenant à son aspect purement physique, il est clair que ces quatre qualités apparaissent comme de véritables substances, c'est-à-dire en quelque sorte comme les éléments des éléments. Aristote lui-même s'est parfois exprimé en conséquence. Ainsi, au IIe Livre de la *Production et destruction*, lorsque, occupé de déduire le concept fondamental de ses quatre éléments, il recherche quelles peuvent être les « principes du corps perceptibles à nos sens » : « Voilà pourquoi, dit-il, ni la blancheur, ni la noirceur, ni la douceur, ni l'amertume, ni aucun des contraires sensibles, ne sont un élément des corps » (cap. II). Après avoir ainsi limité ces principes à quatre il continue : « Comme il y a quatre éléments, et que les combinaisons possibles pour quatre termes sont au nombre de six, mais comme aussi les contraires ne peuvent pas être accouplés entre eux... il est évident qu'il ne restera que quatre combinaisons des éléments. » (cap. III) Ce qu'Aristote traite ici d'éléments, ce ne sont donc pas les

1. CONDILLAC. *Logique, Œuvres*. Paris, an VI, vol. XXII, p. 83.

corps qu'il désigne ailleurs sous ce terme, mais bien des qualités.

Pour Hippocrate[1] de même, le corps humain est composé de quatre éléments qui sont le sec, l'humide, le froid et le chaud ; ce sont en effet ces quatre éléments qui forment les aliments, lesquels à leur tour se transforment en humeurs (dont Hippocrate connaît également quatre), qui sont les composants les plus essentiels des corps.

Au moyen âge nous voyons continuellement des théories de ce genre percer sous l'appareil purement logique de l'aristotélisme. En Orient, au début du xe siècle, Saadia, un des grands initiateurs juifs qui ont exercé une si grande influence sur le mouvement intellectuel de cette époque, en parlant de la destruction d'un corps par le feu, déclare que dans ce cas les parties du corps détruit se séparent, mais, étant des éléments, demeurent sans changement et retournent simplement à leur lieu d'origine « la chaleur qui se trouvait dans ce corps faisant retour à l'élément du feu, son humidité et son froid, aux éléments respectifs. »[2] En Occident, au IXe siècle, Scot Erigène expose que les corps sont constitués par la réunion non pas des éléments substantiels eux-mêmes, mais de leurs accidents qualitatifs ; toutefois ces accidents sont eux-mêmes en quelque sorte des substances, puisqu'ils demeurent indestructibles, ils ne peuvent que se séparer pour se réunir dans de nouvelles combinaisons et créer ainsi des corps nouveaux[3]. Au XIIe siècle, Guillaume de Conches enseigne que les quatre éléments ont été créés à l'origine du monde et ont servi ensuite à créer les corps. Dans ces derniers les particules matérielles des éléments se trouvent simplement juxtaposées. Ce sont ces particules qui sont, en réalité, les vrais éléments. « Tous les corps sont composés d'éléments. Un élément, tel que le définissent les philosophes, est une particule simple et minime d'un corps quelconque, simple en ce qui concerne la qualité, minime en ce qui concerne la quantité[4]. » Les corps que nous appelons terre, eau, air et feu ne sont pas les élé-

1. Galeni. *De elementis secundum Hippocratem*, lib. I, *Opera*, éd. Kuehn, vol. I, p. 457, 477, 479, 480, 487. — Cf. Lasswitz. *Geschichte*, p. 229.

2. Cf. Lasswitz, *ib.*, p. 156.

3. Scotus Erigena. *De divisione naturae*. Oxford. 1681, I, cap. XXXI, XXXII. — Cf. Lasswitz, *l. c.*, p. 39.

4. *Elementa philosophiae*, dans Beda. *Œuvres*. Cologne, 1688, vol. II. p. 209. — Cf. Lasswitz, *l. c.*, p. 74.

ments eux-mêmes; la terre que nous connaissons est un corps où les particules sèches et froides prédominent. Mais la terre est poreuse et entourée d'eau, d'air et de feu; il est donc naturel que ce que nous désignons sous le nom de terre contienne également des particules des trois autres éléments; celles de l'élément terre prévalent, seules elles s'y trouvent « naturellement », les autres y étant « accidentellement. »

Le trait distinctif de ces doctrines, c'est la manière dont y est conçue la mixtion des éléments et l'on peut voir, dans le beau livre de M. Lasswitz[1], combien cette question a agité la philosophie du moyen âge. Les représentants de la scolastique ont essayé de préciser ce qu'Aristote avait laissé un peu dans le vague. Avicenne et Averroës parmi les Arabes, Albert le Grand et saint Thomas parmi les Occidentaux, ont édifié des théories antagonistes. C'est que, chez les uns, l'aspect purement logique de l'aristotélisme prévaut, alors que, chez les autres, domine son aspect de théorie proprement scientifique. Ceux qui s'occupent de science pratique, qui observent et expérimentent, penchent naturellement plutôt vers cette dernière doctrine. Dans ce nombre se trouvent les alchimistes, pour qui la théorie de la combinaison et de la séparation des corps présente une importance particulière. Pour un alchimiste du moyen âge un élément est un corps doué de certaines qualités qu'il conserve en se combinant et communique à la combinaison où il entre. Seulement, étant donnée la nature des phénomènes auxquels les alchimistes consacraient leur attention, les quatre qualités cardinales d'Aristote pouvaient leur être d'un médiocre secours. Ce qui les intéressait, ce n'était pas de savoir si un corps devait être considéré comme sec ou humide, comme chaud ou froid, mais s'il était combustible ou volatil, ou si au contraire il résistait au feu, s'il était de nature métallique, etc. De là la supposition d'éléments différant de ceux des aristotéliciens. Le rapport de ces nouvelles substances fondamentales (qu'on supposait généralement au nombre de trois : le sel, le soufre, le mercure) aux anciens éléments d'Aristote dont les alchimistes ne niaient pas l'existence, ne fut jamais bien défini[2], mais leur rôle en tant que

1. Lasswitz, *l. c.*, vol. Ier, p. 235 ss.

2. Pour Paracelse, comme pour la plupart des alchimistes, les éléments d'Aristote se retrouvent au-dessous des éléments chimiques; il y a là, pour ainsi dire, deux degrés de simplicité (Kopp, *Die Alchemie*, vol. I p. 35). A une époque un peu postérieure, Nicolas Le Fèvre identifie au contraire les

porteurs de qualités est tout à fait net. Paracelse qui est entièrement pénétré de ces théories[1], expose qu'on retrouve toujours, à l'analyse, les mêmes trois éléments. Ce qui brûle est le soufre, ce qui fume et sublime est le mercure, et ce qui demeure comme résidu après la combustion est le sel. Rien d'autre ne brûle que le soufre[2] et l'on infère inversement, par la combustibilité d'un corps, qu'il contient du soufre.

Il est d'ailleurs à peine besoin de faire ressortir combien cette conception se rattache étroitement au fond même de la doctrine philosophique de l'époque. Parce que les corps combustibles constituent une classe, un genre, on en conclut qu'ils doivent contenir un élément commun, et cet élément, hypostase de la combustibilité, qualité commune qui réunit les diverses espèces, est par là même une hypostase de « l'idée » du genre « combustible ». Ce genre est une subdivision d'une classe supérieure de concepts, ainsi qu'il appert du terme « matière combustible »; ce concept particulier est donc formé d'un autre plus général *matière*, auquel s'ajoute (accède) un déterminant. Si ce dernier n'est pas quelque chose qui naît et disparaît sans que l'on doive en indiquer la raison, mais au contraire, comme chez Scot Erigène, quelque chose qui persiste et ne fait que changer de place, il devient lui-même une sorte de substance.

En poussant jusqu'au bout cette doctrine, on arrive à représenter le monde matériel comme un ensemble composé, en dehors d'une substance fondamentale qui représente le concept le plus général de *matière*, de toute une série de substances secondaires hypostasiant les qualités. Le système le plus complet qui ait été imaginé dans cet ordre d'idées a eu pour auteur un philosophe du XVIIe siècle, Claude Guillermet, seigneur de Bérigard. Mais quoique, nous venons de le voir, ces idées sur la substantialisation des qualités découlent, par une évolution légitime, des conceptions péripatéticiennes, le système de Bérigard n'est plus uniquement tributaire du péripatétisme. C'est au contraire une atomistique, mais, selon l'expression de M. Lasswitz, qui a attiré l'attention sur cette

éléments d'Aristote et ceux des chimistes, le phlegme est l'eau, le principe spiritueux ou mercuriel l'air, le principe sulfureux ou huileux le fer, le principe salin la terre.

1. Paracelse est l'initiateur de l'iatrochimie. Mais nous avons vu (p. 213 ss.) que les théories sur les éléments restent à peu près les mêmes. Le but seul de la chimie se modifie.

2. Paracelsus, *Œuvres*. éd, Huser. Bâle 1589. *Paramirum* I, Ier, p. 74.

théorie et que nous suivrons dans son analyse, une atomistique qualitative. Bérigard suppose une variété infinie d'atomes qui, tout en étant des corpuscules sphériques, représentent chacun une qualité élémentaire; il fait ressortir que les quatre qualités fondamentales d'Aristote ne suffisent pas pour expliquer le monde sensible lequel, étant infiniment divers, suppose une diversité infinie des qualités et par conséquent des éléments[1]. Les atomes-qualités (Bérigard les qualifie lui-même de qualités corporelles, *qualitates corporatæ*) pénètrent dans les pores (*meatus*) de la matière et lui octroient ainsi les propriétés correspondantes[2]. Toute modification du monde matériel ne consiste que dans le mouvement de ces substances qui tantôt s'ajoutent au corps, en déterminant son espèce, ce que nous appelons sa naissance (*generatio*), tantôt s'en séparent, ce qui constitue sa corruption ; l'altération se produit quand, par suite du mouvement des substances, les propriétés du corps ne se trouvent pas suffisamment modifiées pour qu'il y ait une nouvelle espèce[3]. Il est à remarquer, cependant, que Bérigard n'est pas resté, dans ses déductions, absolument conséquent avec lui-même ; il a cédé à l'attrait de l'atomisme, en attribuant certaines qualités non à des substances élémentaires, mais à la vertu du groupement. Ainsi la liquidité résulte pour lui du fait que les « principes » du corps n'adhèrent pas fortement les uns aux autres, ce qui fait qu'ils sont mobiles; toutes les substances élémentaires doivent être liquides[4].

Ces anomalies mises à part, la doctrine de Bérigard nous fournit l'exemple le plus parfait d'une hypothèse physique purement qualitative. Elle nous aide ainsi à comprendre quel aurait été, en un certain sens, l'aboutissement des théories des alchimistes. Toutefois, ces derniers, précisément parce que beaucoup plus fidèles à l'esprit du péripatétisme, s'arrêtent bien en deçà de la limite. Ils supposent, d'accord avec la doctrine aristotélicienne, qu'entre le substrat du corps, la *matière première*, et le corps revêtu de ses qualités le rapport est le même qu'entre la matière (telle que le fer) et un objet

1. Circulus Pisanus Claudii BERIGARDI Molinensis *De veteri et peripateticaphilosophia*. Udine 1643, l. IV, Circulus XX, p. 125. — Cf. LASSWITZ, *l. c.*, p. 491.

2. *Ib.* Circulus II, p. 17. — LASSWITZ, p. 490.

3. *Ib.* Circ. II, p. 6. — LASSWITZ, *ib.*

4. *Ib.* Circ. XVIII, p. 115. — LASSWITZ, p. 497.

qui en est *formé* (tel qu'une clef ou un couteau). Ainsi donc la matière peut changer de *forme*; les alchimistes disent quelquefois : de vêtement.

Les alchimistes ne considèrent pas toutes les qualités comme substantielles, mais seulement un tout petit nombre, les autres leur apparaissant comme purement accidentelles. De ce chef leurs affirmations, au point de vue de notre science moderne, nous semblent fréquemment entachées d'une certaine ambiguïté. Ainsi le soufre, le mercure et le sel qui composent les corps ne sont pas des éléments dans le sens que nous donnons à ce mot, car ils ne sont pas toujours identiques à eux-mêmes. Paracelse déclare expressément que les divers corps ont des *mercurii*, *sulfura* et *sales* particuliers[1]. Une autre équivoque résulte du fait que l'on distingue bientôt entre les éléments et les corps connus portant le même nom. Cette différenciation s'accroît à mesure que la science avance : pour Homberg, au XVIIe siècle, le soufre ordinaire est composé d'une terre, d'un acide et de soufre élémentaire, principe de la combustibilité[2].

Ainsi, en dehors des propriétés essentielles qui le caractérisent véritablement, un corps en a encore d'autres qui peuvent se modifier sans que sa nature intime soit changée. Les métaux qu'on considère à première vue comme une classe de corps nettement délimitée, ayant un grand nombre de propriétés en commun, sont censés contenir la même « matière première »; les propriétés par lesquelles ils diffèrent ne peuvent être que d'importance secondaire[3]. On peut espérer transmuer un métal en un autre, soit en ramenant le premier d'abord à cette *materia prima*[4] soit, comme le supposent plus généralement les alchimistes, en agissant directement sur ses

1. Kopp. *Geschichte*, vol. I, p. 97.

2. *Ib.*, p. 182.

3. Libavius exprime la croyance générale en affirmant que les métaux « distare videntur, non tam substantia, quam accidentium absolutione » (Kopp, *Alchemie*, vol. I, p. 46). — C'est cette croyance à la facilité de la transmutation qui a constitué plus tard l'obstacle le plus sérieux aux progrès de la chimie analytique. Cf. Kopp, *Geschichte*, vol. III, p. 56. — Les différences entre les métaux paraissant tout à fait insignifiantes, on a supposé qu'on pouvait les faire disparaître par une sorte de fermentation, ce qui a conduit à attribuer à la pierre philosophale, considérée comme ferment, des propriétés qui nous paraissent si chimériques. De même, on croyait que les métaux pouvaient se *multiplier*, que du cuivre teint en blanc par l'arsenic et ajouté à l'argent augmentait réellement la quantité de ce dernier métal (Kopp, *Alchemie*, vol. I, p. 166), ce qui était d'ailleurs conforme à la théorie de la mixtion d'Aristote.

4. Cf. Berthelot. *Les origines de l'alchimie*, Paris 1885, p. 232.

propriétés. Ainsi, en ôtant successivement à l'étain son cri, sa mollesse, sa fusibilité qui le distinguent de l'argent, on le transformera en ce dernier métal[1] auquel il est supposé être étroitement apparenté, sans doute à cause de la couleur commune. Pour d'autres métaux il faudra avant tout, afin de les muer en argent ou en or, modifier leur couleur. C'est la *leucosis* ou la *xanthosis*, selon qu'il s'agit de blanchir ou de jaunir, et toute opération chimique qui semble modifier la teinte d'un métal prend aussitôt une grande importance aux yeux des chercheurs[2]. Le mercure, à cause sans doute de sa fluidité qui semble paradoxale, paraît à certains un excellent point de départ pour des changements de propriétés. On parle de le « durcir » et l'on produit des recettes multiples dans ce but; Boyle croit qu'il peut se transformer, sans addition de métal, en une substance pareille à l'argent[3] et même Macquer, dans le *Dictionnaire de chimie* de 1778, affirme le « durcissement » du mercure par des vapeurs de phosphore ou de l'huile de lin bouillante[4]. Quand ils veulent transmuer un métal ordinaire en métal noble, les alchimistes, dans leur langage imagé, parlent de le « revêtir du manteau royal. » Le phénomène de la précipitation du cuivre par le fer dans le vitriol bleu est considéré comme un fait de transmutation indubitable[5] : on dit que le métal « dépose l'armure de Mars et revêt la robe de Vénus. »

Dans le courant du XVIIe siècle, le prestige du péripatétisme, en tant que doctrine philosophique et scientifique, diminue peu à peu. Mais les théories de qualité qui sont nées de lui continuent à dominer la chimie, peut-être d'une manière plus absolue encore, précisément parce que débarrassées de l'appareil purement logique de la doctrine d'Aristote. Puis, vers le milieu du XVIIIe siècle, se produit le changement important dont nous avons parlé au VIIe chapitre (p. 214). La multiplicité même des expériences sur la transmutation a amené la ruine de cette hypothèse. Et alors, comme on a appris peu à peu à

1. Cf. Berthelot. *Les Origines de l'Alchimie*. Paris 1885, p. 208.

2. Encore Kunckel au XVIIIe siècle fondait sa croyance à la transmutation sur le changement de couleur que l'or éprouve quand on le traite par le sel ammoniaque ou le borax (Kopp, Alchimie, I, p. 61 ss).

3. *Ib*. I, p. 53, 249.

4. *Ib*., p. 250.

5. Kopp (*ib*., p. 46) croit que c'était la seule recette de transmutation métallique vraiment efficace; la véritable nature de la réaction a été expliquée par Angelo Sala, au début du XVIIe siècle.

reconnaître que les modifications de teinte telles que celle produite par l'orpiment (*auri pigmentum*) ne sont qu'apparentes, et qu'on se convainc de la futilité de toutes les prétendues recettes, on arrive à concevoir qu'il peut y avoir là des substances élémentaires différant essentiellement les unes des autres. Ce ne sont pas encore les métaux eux-mêmes qui sont considérés comme éléments, mais leurs « chaux ». Le fait que ces dernières, dans nos conditions atmosphériques, sont dans bien des cas plus stables que les métaux eux-mêmes, y a probablement contribué. Mais il convient, sans doute, d'en rechercher la principale raison dans le besoin qu'on éprouvait d'attribuer les multiples traits communs des métaux à un élément commun. Cet élément hypothétique dont on suppose l'existence non seulement dans les métaux, mais encore dans tous les corps inflammables, c'est le phlogistique; il a hérité des facultés que les chimistes attribuaient autrefois à leurs divers éléments. « Ils en font le principe des odeurs, des couleurs, de la saveur, de la volatilité, de la fusibilité, de la dissolubilité, etc.[1] » constate un auteur contemporain de Lavoisier, (peut-être Lavoisier lui-même), et le fait observé par Stahl[2] que l'inflammabilité est susceptible de se transmettre d'un corps à un autre semblait confirmer directement cette manière de voir.

De même, on croit que tous les acides contiennent un « acide primitif »[3], tous les sels un « sel fossile »[4], toutes les chaux terreuses une « substance terreuse unique »[5].

Nous avons vu plus haut (p. 215 ss,) avec quelle lenteur s'élaborait la nouvelle notion de l'élément chimique. Le phlogistique semble d'abord y échapper; Kopp constate avec une certaine surprise que les chimistes, tout en croyant fermement à son existence, ne semblent faire aucune tentative pour l'isoler[6]. C'est que le phlogistique était au fond un héritage des époques antérieures, ce n'était pas un élément dans

1. Cf. BERTHELOT. *La révolution chimique*. Paris, 1902, p. 54.

2. Cf. KOPP. *Geschichte* vol. III, p. 307. C'était l'expérience fondamentale de la théorie du phlogistique, expérience qui avait pour cette conception la même importance que celle de l'oxydation des métaux en vase clos a eue plus tard pour les antiphlogisticiens.

3. KOPP. *Geschichte*, vol. III, p. 15. — Stahl affirme même avoir transmué l'acide sulfurique en muriatique et nitrique, cf. *ib.*, p. 352.

4. *Ib.*, vol. III, p. 75.

5. *Ib.*, vol. III, p. 143.

6. *Ib.*, vol. I, p. 150.

le sens où nous prenons ce mot, mais une sorte de principe porteur de qualités, et l'idée de l'isoler eût paru à un chimiste de cette époque presque aussi hardie qu'à Saadia celle de vouloir isoler le *chaud*. — Cependant, l'évolution que nous avons tenté de retracer continuant, on en vint peu à peu à considérer le phlogistique comme un élément pareil aux autres[1], et dès lors son isolement parut moins paradoxal, au point que vers la fin de l'époque le phlogistique se confond avec l'air inflammable (hydrogène).

Combien cette tendance était profondément enracinée, on peut s'en convaincre par l'histoire du fameux *acidum pingue*. De ce que la chaux, la soude, la potasse peuvent devenir caustiques et que la causticité peut se transmettre de l'une à l'autre, le chimiste Meyer avait conclu à l'existence d'un acide spécial, support de la causticité, comme le phlogistique l'était de l'inflammabilité, et cette hypothèse avait été acceptée d'enthousiasme par le monde savant tout entier.

Or, antérieurement à Meyer, Black avait émis l'opinion que les alcalis caustiques se distinguent des autres par la perte d'une substance, « l'air fixe » (acide carbonique). Black avait clairement établi qu'en devenant caustiques, les alcalis perdaient une partie notable de leur poids[2]. Cela n'empêcha point la majorité des chimistes d'adhérer à la théorie de Meyer. Lavoisier lui-même ne parla d'abord de Meyer qu'avec beaucoup d'éloges[3].

Il n'est pas douteux que ces conceptions furent pour beaucoup dans la forte opposition que rencontra la théorie de Lavoisier. Sacrifier le phlogistique, c'était abandonner définitivement un principe qui avait semblé d'abord évident et indiscutable, à savoir que la similitude de propriétes indiquait la présence d'un élément commun, porteur de ces propriétés.

On est vraiment étonné de constater quelle masse de faits étaient connus avant Lavoisier sur l'augmentation du poids des corps oxydés et sur le rôle de l'air dans cette opération[4],

1. Kopp. *Geschichte* vol. I, p. 151, 153, 222. Cf. Lavoisier. *Œuvres*, vol. I, p. 154.

2. Lavoisier. *Œuvres*, vol. I, p. 468.

3. « Il est peu de livres de chimie moderne qui annoncent plus de génie que celui de M. Meyer. » (*Œuvres*, vol. I, p. 482). — Plus tard Lavoisier a au contraire célébré le mérite de Black (*Essai sur le phlogistique* de Kirwan. Paris, 1788, p. 23).

4. On en trouvera un résumé chez Kopp, *Geschichte*, vol. III, p. 119 ss.

faits qui ne s'expliquaient pas ou s'expliquaient si mal par la théorie de « quelque chose qui part », alors que l'explication par « quelque chose qui s'ajoute » était si manifeste et d'ailleurs suggérée depuis longtemps par Jean Rey. L'obstination des chimistes à préférer la théorie du phlogistique ne s'explique que par le fait que la combustibilité, en tant que phénomène frappant et bien caractérisé, ne pouvait dans leur opinion se passer d'un substrat matériel qualitatif. Quand les phlogisticiens reprochaient à Lavoisier de ne pas expliquer pourquoi certains corps brûlent et d'autres non[1], ils révélaient le vrai fondement sur lequel reposait leur foi.

En 1788 encore, au moment où le triomphe de la nouvelle école semble complet, on sent bien que c'est de ce côté que viennent les dernières résistances ; le commentaire à *l'Essai* de Kirwan porte sur ce point son effort principal, et Lavoisier lui-même, après avoir loué comme il convient la découverte de Stahl, se charge d'exposer, avec beaucoup d'insistance, qu'il « n'est pas nécessaire de supposer qu'il existe dans ces substances un principe commun à toutes, qu'elles contiennent toutes la base de l'air inflammable, c'est-à-dire l'hydrogène. »[2] D'ailleurs, comme tous les grands révolutionnaires, Lavoisier ne s'était pas complètement libéré de toute attache avec les idées anciennes. Le nom d'oxygène indique qu'il considérait le nouvel élément comme porteur d'une qualité[3]; et l'on sait que cette conception eut pour conséquence la théorie erronée du « murium » et qu'il a fallu des efforts considérables pour chasser ce spectre[4]. De même, M. Berthelot fait ressortir avec raison que Lavoisier croyait que l'oxygène colorait le sang comme les oxydes métalliques, et que ce rapprochement « tendait à faire de l'oxygène le générateur des matières colorées, comme on le supposait naguère du phlogistique[5] ».

Dans une autre branche des sciences physiques, des théories de la qualité ont persisté plus longtemps encore. C'est, en effet, parmi elles qu'il convient de classer les hypothèses des fluides et de l'émission. On voit aisément que le « calo-

1. *Ib.*, p. 155.

2. *Essai sur le phlogistique*, p. 23.

3. Lavoisier. *Traité élémentaire de chimie*, *Œuvres*. Paris, 1864, vol. I, p. 9, 48, 57.

4. *Ib.*, vol. I, p. 61, cf. Davy, *Works*. Londres, 1839, vol. V, p. 513.

5. Berthelot. *Lavoisier*, p. 180. — Cf. Lavoisier. *Œuvres*, vol. II, p. 180.

rique » fluide semi-matériel, porteur d'une qualité, appartient à la même famille que le phlogistique, et quant aux corpuscules lumineux de Newton, leur parenté avec les atomes qualitatifs de Bérigard est également manifeste.

Convient-il de s'étonner que la science, dans cet ordre d'idées, ait évolué avec beaucoup de lenteur, qu'elle n'ait abandonné que pas à pas et, pour ainsi dire, à son corps défendant, ainsi que cela s'est produit pour la théorie du phlogistique, des doctrines qui nous paraissent complètement insoutenables ? Il suffit au contraire de réfléchir sur la véritable nature de nos conceptions de la qualité pour comprendre à quel point ces doctrines étaient conformes aux postulats fondamentaux de notre esprit.

Quand, partant soit d'une expression immédiate de nos sens, soit d'une série de phénomènes observés, nous parvenons à douer un corps d'une propriété, quand nous disons : ce corps *est rouge* ou il *est inflammable* et que nous voyons cette propriété naître et disparaître dans le corps, nous éprouvons certainement la tendance, pour peu que cette qualité nous semble suffisamment importante, à poser la question : d'où vient-elle, qu'est-elle devenue ? Sans doute, comme nous l'avons dit plus haut, cette question ne se posera pas pour la rondeur ; mais on la formulera pour la chaleur. Or, en l'énonçant, nous indiquons que nous sommes disposés à considérer la chaleur comme quelque chose qui persiste dans le temps et qui n'amène par conséquent de changements qu'en se déplaçant. C'est hypostasier la qualité et lui attribuer le caractère d'une substance, et ce mode d'explication du phénomène est celui que notre tendance causale nous suggérera invinciblement, à moins que nous n'ayons au préalable détruit à dessein la qualité par la conception du mécanisme universel, qui est elle-même une émanation du principe causal.

D'ailleurs l'explication par le transport d'une qualité a quelque chose d'immédiat, de complet et de satisfaisant, avantages qui ne se retrouvent pas au même degré dans les explications mécaniques. On s'en convaincra en comparant la manière dont les rapports entre les propriétés des éléments et celles des composés sont traités par la chimie contemporaine avec le procédé dont usaient à cet égard les théories de la qualité.

Nous avons constaté (chapitre VII, p. 217 ss.) que l'étude des rapports entre les propriétés des éléments et celles de leurs

composés constitue la tâche principale de la chimie théorique. Mais ce n'est là formuler que le côté légal du problème. Or, sur ce point, comme sur d'autres, la loi seule ne suffit pas à notre entendement. Nous voulons savoir non seulement de quelle manière les choses changent, mais encore *pourquoi* elles changent. Quand il s'agit de corps qui entrent dans une combinaison, on a bien soin de préciser que nous ne devons pas nous attendre à ce qu'ils conservent leurs propriétés; on en fait même le critérium de la véritable combinaison chimique, que l'on définit comme la réunion de corps dont les propriétés sont modifiées[1]. Au point de vue purement empirique, cette définition est irréprochable : quand j'aurai mis en présence le métal argentin et mou que j'appelle sodium et le gaz verdâtre et irritant que je désigne comme chlore, je verrai finalement apparaître à leur place des cristaux incolores d'une substance qui m'est bien connue, le sel marin. Mais *comment* cela a-t-il pu se faire, d'où viennent les propriétés du sel marin et que sont devenues celles du chlore et du sodium si, comme nous l'enseigne formellement la chimie, ces deux éléments continuent à exister dans le chlorure de sodium ? « Il est au premier abord difficile de concevoir, dit Berthelot, comment des corps doués de propriétés aussi peu semblables à celles du sel marin en sont cependant les seuls et véritables éléments; on serait porté à croire à l'intervention de quelque autre composant que l'analyse a été impuissante à nous révéler[2]. » Berthelot affirme avec raison que la chimie dispose de moyens suffisants au point de vue expérimental pour nous rassurer sur ce point, pour nous démontrer que ces composants sont réellement les seuls. Est-il besoin de faire ressortir qu'après cette démonstration le phénomène reste aussi incompréhensible qu'avant ? Si la chimie n'est pas une science empirique, s'il existe une chimie « théorique » ou « rationnelle », si seulement nous avons l'espoir d'en construire une, il est évident qu'elle a ou devra avoir pour tâche d'expliquer, comme le formule Huxley, que les pro-

1. Il est très caractéristique à ce point de vue que, dans la théorie des *ions*, le fait qu'en solution aqueuse toutes les propriétés physiques des sels sont additives, est considéré comme une preuve qu'il y a dissociation complète, c'est-à-dire pas de combinaison du tout. Cf. Arrhénius. *La dissociation électrolytique*. Congrès international de physique de 1900, vol. II, p. 377.

2. M. Berthelot. *La synthèse chimique*. Paris, 1876, p. 7.

priétés de la matière résultent de celles des éléments qui la composent[1].

Il est très curieux de constater que Comte était du même avis. « La chimie, dit-il en définissant cette science, a pour objet final, étant données les propriétés de tous les corps simples, de trouver celles de tous les composés qu'ils peuvent former[2] »; ce qui indique apparemment que les secondes doivent pouvoir se déduire des premières. On pourrait, à la vérité, trouver cette affirmation équivoque. Comte, nous le savons, n'admettait dans la science que des règles empiriques; n'aurait-il pas envisagé que la déduction se ferait à l'aide de règles de ce genre ? Mais voici un autre passage : « toutes les données fondamentales de la chimie devraient, en dernier lieu, pouvoir se réduire à la connaissance des propriétés essentielles des seuls corps simples[3] ». Ici il n'y a plus de doute, puisque toute règle empirique est exclue. Comte, évidemment, en énonçant ces formules, ne pensait plus à sa définition de la science et cédait au besoin instinctif de l'explication.

Sans doute, la chimie théorique n'a pas jusqu'à ce jour fait beaucoup de progrès dans cet ordre d'idées. Nous ne connaissons qu'un petit nombre de propriétés des combinaisons dont, selon l'expression de M. Van't Hoff, « la liaison avec la formule chimique est si sûrement établie qu'elles se déduisent de cette formule comme une conséquence nécessaire des conceptions atomistiques et moléculaires adoptées[4] ». Mais il suffit d'ouvrir un manuel de chimie physique tel que les beaux livres de M. Van't Hoff ou de M. Ostwald, ou même un manuel de chimie quelconque, pour se convaincre que les efforts sont réellement orientés dans cette direction. Le but poursuivi est bien de rattacher *toutes* les propriétés à la formule chimique, en partant des propriétés fondamentales des atomes élémentaires, et notamment du poids atomique, c'est-à-dire de les déduire soit du nombre et de la nature des atomes groupés, soit de la manière dont ils sont groupés. Les relations du premier ordre, celles qu'on peut déduire de la simple considération des poids moléculaires, se manifestent

1. Huxley. *Lay Sermons*. Londres, 1887, p. 118.

2. A. Comte. *Cours*, vol. III, p. 18.

3. *Ib.*, p. 15.

4. Van't Hoff. *Leçons de chimie physique*, trad. Corvisy, IIIe partie. Paris, 1900, p. 3.

avec une grande précision quand les corps sont en état de gaz ou de solutions diluées ; celles du second ordre trouvent leur expression dans les formules dites de constitution. C'est parce que les mêmes atomes de carbone, d'oxygène et d'azote sont placés de deux manières différentes que le cyanate d'ammonium et l'urée — pour choisir l'exemple classique de la fameuse synthèse de Wœhler — ont des propriétés si différentes, et c'est parce que des atomes ou des groupes se trouvent placés autour d'un atome de carbone d'une manière asymétrique que le corps tourne le plan de polarisation. On voit que le domaine de ces recherches embrasse réellement la presque totalité de la chimie actuelle ; et l'on voit aussi qu'il ne s'agit nullement de rechercher de simples règles empiriques, mais de véritables explications. Sans doute, les atomes chimiques sont encore loin de pouvoir être confondus avec les atomes physiques, bien que des progrès notables aient été accomplis dans cette direction et notamment par la théorie des *ions* de M. Svante Arrhénius ; mais le fait qu'on ait, alors même que les conceptions de l'une et de l'autre science paraissaient séparées par un abîme, parlé en chimie d'atome et de molécule, prouve bien qu'on a toujours eu en vue une véritable théorie mécanique. Quand Sully-Prudhomme proclame que « les propriétés spécifiques des corps tendent de plus en plus à s'expliquer par... l'architecture des parties ultimes... c'est-à-dire, au fond, mécaniquement [1] », son affirmation peut être contestée au point de vue de la situation de fait, mais elle est irréprochable en tant qu'expression d'un postulat. Certains, sans doute, ont trouvé que la théorie était longue à venir : c'est qu'on s'était fait des illusions sur la facilité de la tâche. La désillusion a suivi, un des théoriciens les plus éminents de la chimie l'a avouée en termes amers [2], et c'est la source d'où dérivent à la fois les vives attaques que ce savant a dirigées contre les théories mécaniques en général, et une nouvelle théorie non mécanique dont nous aurons à nous occuper tout à l'heure. Mais cela n'empêche que les tendances générales de la chimie aient bien été jusqu'à ce jour telles que nous venons de les caractériser.

Il ne paraît d'ailleurs pas douteux que ces tendances ne

1. Sully-Prudhomme et Richet, *l. c.*, p. 91.

2. Ostwald. *Lettre sur l'énergétique*. Revue générale des sciences, VI, 1895, p. 1071.

soient dues directement au principe de causalité, c'est-à-dire au désir d'établir l'identité dans le temps.

Il y a plus, et nous avons vu, en traitant de l'unité de la matière, que la chimie a non seulement la tendance à expliquer les propriétés des composés par celles des éléments, mais encore à réduire à un minimum les propriétés dont elle est obligée de douer ses atomes élémentaires. On voudrait ramener tout à des considérations de poids atomiques parce que c'est évidemment de cette manière qu'on se rapprocherait le plus de la matière unique, et on éprouve comme un sérieux inconvénient que cette réduction n'ait pu encore s'effectuer pour la valence, que celle-ci reste « qualité occulte ».

Mais ce sont là des vues fort lointaines ; pour le moment, non seulement nous ne savons pas expliquer les propriétés des éléments, mais même en supposant ces dernières, celles des composés nous paraissent énigmatiques. On s'est quelquefois étonné que la théorie chimique semble accepter paisiblement, même à titre provisoire, un tel état de choses, et Huxley, dans le passage auquel nous avons fait allusion (p. 310), a exprimé avec vivacité cet étonnement. Après avoir noté l'étrange changement de propriétés que nous observons quand l'oxygène et l'hydrogène se combinent pour former de l'eau, le grand biologiste continue : « Néanmoins, nous désignons ces phénomènes, et bien d'autres aussi étranges, comme propriétés de la matière et nous n'hésitons pas à croire que, de manière ou d'autre, ils résultent des propriétés des éléments composants de la matière ». C'est que Huxley n'avait pas bien pesé les trésors de bonne volonté qui se manifestent en nous chaque fois que l'explication causale doit intervenir. Sans doute, il est très « étrange » que l'eau contienne de l'hydrogène et de l'oxygène. Ce que nous désignons sous les noms d'hydrogène et d'oxygène, ce sont des corps ayant chacun un ensemble de propriétés bien connues. C'est par ces propriétés que nous les définissons et elles font partie intégrante du concept. Nous ne pouvons évidemment affirmer qu'elles persistent telles quelles dans l'eau ; mais nous croyons que, « de manière ou d'autre », — nous laissons à l'avenir le soin d'apporter sur ce point les précisions nécessaires, — elles y sont cachées. C'est le même subterfuge dont usait en pareille occasion la théorie de la chaleur de Black et dont nous usons d'ailleurs encore, dans certaines circonstances, avec plus

de franchise, notamment pour le concept de l' « énergie potentielle » (voir p. 173).

La chimie, bien entendu, n'ignore pas entièrement cette difficulté, d'autant plus apparente que nous connaissons parfois un élément sous plusieurs formes équivalentes qu'on appelle ses états allotropiques. A supposer qu'il soit réellement contenu dans une combinaison, lequel de ses différents états y revêt-il ? Les théoriciens se tirent de toutes ces énigmes à l'aide d'une équivoque. L'élément contenu dans une combinaison est « atomique ». Aussitôt dégagé, ses atomes se réunissent en molécules ; il n'y a donc rien d'étonnant qu'il manifeste alors de tout autres propriétés. Ce subterfuge nous fait voir clairement qu'il s'agit en réalité d'un pur concept métaphysique, puisqu'il est entendu que cet « élément atomique » qui est le vrai élément, du moment que c'est le seul qui entre dans des combinaisons et qui y persiste, est radicalement différent du corps que nous connaissons sous le même nom et qu'il ne pourra jamais être véritablement isolé, ni par conséquent aperçu. C'est donc quelque chose d'analogue, à ce point de vue, au *soufre* ou au *mercure* tels que les concevaient les chimistes du XVII[e] siècle.

Il est certain que notre hypothèse actuelle répond à un nombre infiniment plus grand de faits, et surtout s'y adapte d'une manière beaucoup plus précise, suivant la matière et l'énergie de près dans leurs avatars, contrôlant les données à l'aide d'instruments de mesure ; mais les explications qu'elle nous donne, ou plutôt qu'elle nous promet, sont bien moins précises. Revenons aux trois équations de l'oxyde de mercure (chap. VI, p. 202 ss). Pour un phlogisticien, il était tout naturel que le mercure précipité *per se* donnât du mercure métallique, puisque le phlogistique, principe de la « métallicité », venait s'y ajouter. Actuellement, nous avons le choix entre deux sortes de conceptions. Ou bien nous admettons les éléments chimiques comme ultimes, et alors il n'existe aucun lien véritable entre les divers métaux et l'analogie entre leurs propriétés est par essence inexplicable, à plus forte raison est-il inexplicable que ces propriétés apparaissent à un moment donné. Ou bien nous supposons qu'ils sont des composés d'un ordre particulier, et nous pouvons alors espérer que nous apprendrons un jour pourquoi la matière qui les compose manifeste en eux ces propriétés *métalliques ;* mais cette explication nous paraît très vague et très lointaine. L'ex-

plication qualitative, d'une simplicité et d'une clarté parfaites, est remplacée par une hypothèse qui, au point de vue de la qualité, explique manifestement peu de chose, ainsi que Huxley et Berthelot l'ont fait ressortir dans les passages que nous venons de citer. Il est évident, d'ailleurs, que cette insuffisance des théories mécaniques tient à leur essence même ; elles écartent complètement, de parti pris, la qualité en tant que sensation et, quant aux autres propriétés, elles tendent sans doute à les expliquer, mais les éléments dont elles disposent sont si peu variés que cette explication semble extraordinairement difficile. Il ne faut donc pas trop s'étonner de la vitalité dont les théories qualitatives ont fait preuve en chimie. Si l'on oublie pour le moment que les équations chimiques symbolisent un phénomène qui se passe dans un sens déterminé, il est certain qu'en tant qu'égalité entre les deux membres, la représentation selon la théorie du phlogistique était plus complète, puisqu'elle supposait une réelle préexistence de la propriété la plus frappante qui apparaissait au cours du phénomène, la *métallicité*.

Nous voici enfin ramenés aux doctrines de la qualité par un détour un peu long, mais que nous n'avons pas cru pouvoir éviter : ce passé, pourtant assez récent en somme, nous est devenu à ce point étranger, que pour l'éclairer on ne saurait trop se servir des éléments de comparaison qu'offre le présent. Du moins espérons-nous avoir établi par ce qui précède que le problème que cherchaient à résoudre ces doctrines était le même contre lequel s'escrime la science contemporaine : comment *expliquer* l'apparition ou la disparition de propriétés ? Les théories mécaniques postulent que tout doit se ramener à des arrangements et des mouvements d'éléments auxquels on n'attribue par avance qu'un minimum de propriétés — l'idéal étant, nous le savons, de les en dépouiller complètement ; les théories de la qualité, au contraire (nous pouvons réunir sous cette dénomination l'aristotélisme conçu sous son aspect scientifique, et les théories qui en sont issues, jusques et y compris celle du phlogistique, et aussi la théorie des fluides en physique) supposent, plus directement, que la qualité elle-même a préexisté, qu'elle s'est déplacée sous une forme plus ou moins hypostasiée, qu'elle est venue se joindre au corps ou qu'elle l'a quitté. C'est le sec et l'humide, le chaud et le froid formant le corps humain chez Hippocrate ; c'est, chez Saadia, la chaleur du corps faisant, après la des-

truction de ce dernier, retour à l'élément du feu ; c'est aussi, chez Stahl, le phlogistique, l'inflammabilité et, chez Black, le fluide calorique passant d'un corps à un autre. Et l'on voit clairement qu'à travers toutes ces doctrines se manifeste toujours, avec une grande vigueur, la tendance causale.

La déduction que nous venons de tenter fait naître un nouveau problème. S'il est exact, en effet, que les théories de la qualité soient tributaires des mêmes tendances, enfantées par le même principe que le mécanisme, quel est donc l'avantage que présente ce dernier système, comment expliquer qu'il tende de plus en plus à prévaloir dans la science?

Tâchons d'abord de nous représenter ce que pourrait être une science purement qualitative. La qualité, nous l'avons vu, n'est qu'une sensation hypostasiée. Deux sensations, si proches que nous les concevions, du moment où elles ne nous paraissent pas absolument identiques, comme le sont par exemple les sensations de deux morceaux d'étoffe de même couleur, ou les tons de deux diapasons mis à l'unisson, ne sauraient se distinguer que par un signe qualitatif; il en est de même des sensations de deux boules de grandeur différente. (p. 280). Donc, en restant dans le domaine de la qualité pure, nous pourrons bien identifier une sensation[1], nous pourrons aussi créer une échelle numérique afin d'être à même de repérer, comme nous faisons pour les températures ou des notes d'examen, mais nous ne saurions aller plus loin. Le fait que, sur trois tons ou trois échantillons (plus ou moins clairs) de la même couleur rouge ou encore trois sphères de différentes grandeurs, je pourrai toujours indiquer le ton ou l'échantillon ou la sphère qu'il convient de placer entre les deux autres, ne me servira de rien. Car lors même que j'aurai dressé une échelle complète, telle qu'une gamme de tons ou de couleurs ou une série de boules, je ne pourrai par aucun

1. Ceci suppose évidemment que ma sensation, dans des conditions analogues, sera la même, car il se peut en effet que la même étoffe me paraisse d'une couleur plus ou moins vive, selon la prédisposition de l'œil. Mais, ce postulat implicite admis, on ne voit pas très bien pourquoi M. Lasswitz affirme (*Geschichte der Atomistik*, vol. Ier, p. 498) qu'on ne saurait reconnaître une qualité comme identique, à moins de la transformer en quantité. Il semble qu'il suffise d'une observation un peu prolongée pour acquérir la conviction qu'un diapason ou une étoffe teinte avec du rouge d'Andrinople (on peut y substituer un verre de couleur) ne se modifient pas sensiblement pendant un laps de temps relativement considérable et qu'on peut dès lors se prononcer en comparant la sensation à celle du type qu'on aura établi.

artifice passer d'un ton, d'une nuance, d'une boule à ceux ou celles qui l'avoisinent. Il sera, par exemple, impossible de déclarer que deux tons équivalent à un troisième : on ne peut les additionner. Cela paraît particulièrement clair dans ce cas, parce qu'un ensemble de deux tons forme un accord et non un ton unique. Mais, au fond, il en est de même pour la couleur ou pour la grandeur conçue comme pure sensation tactile; le fait que deux nuances sont susceptibles d'en fournir une troisième et de même deux boules, n'a rien à voir avec la sensation immédiate.

Non seulement chaque qualité, comme l'a dit Hume[1], mais chaque nuance de qualité ou plutôt de sensation (la qualité étant déjà une transposition, une hypostase) est quelque chose de complet et ne suggère rien d'autre.

De quelle manière, à cette sensation purement qualitative, une sensation de quantité, de grandeur vient-elle se superposer? Cela dépend évidemment, ainsi que le suggère le terme même de quantité, de conceptions substantialistes. Je considère que la cause de ma sensation *sphère* est l'existence d'un objet défini, formé d'une certaine matière. Si je réunis la matière de deux sphères égales, et lui donne la forme d'une sphère unique, j'obtiendrai une sensation qui, tout à l'heure, m'apparaissait comme semblable mais différente qualitativement. A l'heure qu'il est, considérant que la matière n'a fait que changer de place, c'est-à-dire qu'elle a subi une modification à travers laquelle l'identité me semble garantie, je déclarerai qu'entre l'une des deux sphères primitives et celle que je viens de former il n'y a qu'une différence de plus ou de moins, une différence de quantité. Je puis arriver à réduire aussi à la quantité les nuances et les tons, en observant qu'une même corde raccourcie ou allongée donnera des tons de hauteur différente et qu'un échantillon teint avec le double d'une même couleur aura une nuance déterminée ; on sait d'ailleurs que nous avons trouvé même des rapports numériques entre des couleurs différentes, en introduisant la considération des longueurs d'onde ; mais, dans ce cas, le rapport entre la modification de l'objet et ma sensation est moins immédiat, c'est pourquoi je suis moins porté à perdre de vue que celle-ci ne connaît rien, directement, de ces considérations de quantité. Mais cela est tout aussi certain pour les

1. Cf. plus haut p. 283.

sphères. Afin de raffermir notre conviction sur ce point important, nous n'avons qu'à considérer la sensation de quantité sous sa forme la plus élémentaire et à substituer la vision au toucher. Supposons une centaine d'oranges rangées en un carré de dix de côté. Je puis, sans doute, les regarder une à une et, dans ce cas, j'aurai cent sensations semblables. Mais si, de prime abord, je jette un coup d'œil sur le tout, j'aurai la sensation d'un « carré d'oranges », c'est-à-dire une sensation unique. En disant que ce carré est fait de cent oranges, j'affirme que si je pose d'une certaine manière cent objets dont chacun en particulier me donne la sensation « orange », j'obtiendrai celle du carré en question ; mais, en elle-même, celle-ci est aussi primordiale que la première. Une perche de six mètres ne me donnera pas deux fois la sensation d'une perche de trois mètres, je sais simplement que si je mets bout à bout deux perches de trois mètres, j'aurai celle d'une perche de six mètres.

Cette substitution, à la sensation pure, de sa cause putative, de l'objet extérieur, présente donc l'immense avantage de rattacher une sensation à une autre, d'expliquer une sensation par une autre, celle de la perche de six mètres par celle de trois mètres et ainsi de suite. La possibilité de cette addition, inexécutable tant que nous restons dans le domaine de la sensation qualitative pure, entraîne évidemment celle de toutes les opérations analogues. Et c'est ainsi qu'à la qualité se substitue la grandeur, la quantité, qui permet l'application, la pénétration des mathématiques. L'avantage qui en résulte au point de vue de la science, même purement légale, est immense : dans toutes les langues du monde, calculer et prévoir sont synonymes.

Dans le cas de la perche et de la boule, la substitution de l'objet à la sensation est chez nous inconsciente, elle est l'effet de ce que l'on appelle le sens commun dont, un peu plus tard, nous tâcherons d'étudier le fonctionnement. Cette substitution est tellement rapide, qu'il nous faut un effort pour revenir à la sensation pure. La langue d'ailleurs est pour ainsi dire incapable d'exprimer cette dernière, elle est, comme on l'a remarqué depuis longtemps, tout entière modelée sur le sens commun et se réfère constamment non pas à la sensation, mais à l'objet extérieur. En substituant au son ou à la couleur des vibrations, phénomène quantitatif, nous faisons également pénétrer les mathématiques dans un domaine de la

sensation qualitative, mais, comme nous agissons consciemment, la substitution est moins complète, l'élément quantitatif ne vient pas se mêler à notre sensation.

En restant strictement dans le domaine de la qualité, la science que l'on pourra construire sera extrêmement limitée, puisque le nombre des sensations différentes est infini, et que le retour de sensations véritablement identiques est excessivement rare. En réalité, personne n'a jamais essayé de construire une science de ce genre; celle d'Aristote en est certes fort éloignée. Mais il essaie vraiment de traiter « le chaud » comme une qualité pure et simple; et l'on voit alors avec netteté, par la vanité de l'effort tenté par ce grand esprit, que cette voie est impraticable. A côté du « chaud », Aristote est obligé d'établir le « froid » comme qualité distincte, étant donné qu'en effet ce sont là deux sensations totalement différentes [1]. Mais même en se servant de ces deux qualités opposées, il ne peut parvenir à la conception claire d'une gradation de la chaleur, conception qui nous paraît d'une grande simplicité. Il n'aurait pu y atteindre, en effet, qu'en considérant le chaud et le froid comme de véritables substances qui se mélangent en des proportions variables; c'eût été, bien entendu, s'écarter davantage encore du point de vue qualitatif. Ses expressions sont d'ailleurs suffisamment ambiguës pour que ses sectateurs au moyen âge aient pu le comprendre parfois de cette manière.

Mais si le chaud et le froid deviennent des substances, il est plus simple de supprimer l'un des deux, à peu près comme dans la science de l'électricité la théorie des deux fluides a dû céder devant celle d'un fluide unique. On arrive alors à la conception de chaleur-substance ou chaleur-fluide qui, en effet. a longtemps prévalu dans la science. Elle se rattache encore nettement aux théories de la qualité, et c'est sous cet aspect que nous l'avons considérée plus haut; mais c'est une théorie qualitative fortement mitigée par des considérations de quantité, puisque c'est par ce moyen qu'on rattache les unes aux autres les différentes gradations de la chaleur.

On voit d'ailleurs que si les théories purement qualitatives sont condamnées à rester tout à fait stériles au point de vue scientifique, il n'en est pas de même de ces théories intermé-

1. On sait que Gassendi a également supposé l'existence d'une matière du froid à côté de la matière calorifique. Cf. ROSENBERGER. *Geschichte*, vol. II, p. 118.

diaires. La conception de chaleur-fluide a rendu de grands services aux physiciens du XVIIIe siècle, elle a permis d'établir les lois de la mixtion, d'étudier les conditions du changement de l'état d'agrégation, etc. On sait que Carnot encore s'en est servi dans son célèbre opuscule. Comme il a, dans une note, reconnu qu'il considérait la chaleur comme un mouvement, on en a inféré quelquefois qu'il n'avait fait usage de la notion de chaleur-fluide que pour se conformer à l'opinion générale du public savant de son temps. C'est peut-être conclure un peu hâtivement. On semble bien deviner, en lisant attentivement les *Considérations*, que la conception de la chaleur en tant que fluide cherchant à s'épandre ne lui a pas été entièrement inutile. Ce qui est certain, c'est que des conceptions mécanistes n'auraient pu lui rendre, en l'occasion, aucun service ; elles l'auraient plutôt gêné, car il est difficile de faire cadrer le mécanisme strict avec le principe de Carnot (chap. VIII, p. 254). Il reste, nous l'avons vu, dans la science et notamment en chimie, de ces conceptions qualitatives ; il n'est pas dit qu'elles ne soient pas destinées à rendre encore des services considérables. Elles s'arrêtent à l'explication du devenir et n'aspirent pas à donner celle de l'être, elles sont donc l'expression d'une application moins étendue du principe d'identité que les théories mécaniques ; elles peuvent quelquefois guider la pensée scientifique là où justement, comme pour le principe de Carnot, le principe d'identité absolue est nécessairement en défaut.

Un trait distinctif des théories qualitatives, comparées avec les théories mécaniques, c'est qu'elles admettent le continu : tant qu'on croyait que la chaleur et l'électricité étaient des fluides, une constitution atomique ne paraissait nullement s'imposer pour l'une ni pour l'autre. C'est là, remarquons-le en passant, un argument contre la thèse d'après laquelle ce seraient les mathématiques qui introduiraient le discret en physique. Pour nous, la cause de cette distinction gît dans la déduction que nous avons présentée plus haut (chap. II, p. 85). L'atome discret devient nécessaire quand nous attribuons le changement à l'arrangement de parties, qui doivent être immuables dans le temps et, étant étendues par essence, conserver indéfiniment leurs propriétés spatiales qui ne peuvent dès lors être que définies. Les qualités hypostasiées, au contraire, ne sont nullement spatiales par essence. Si je me figure la chaleur comme un fluide, je ne lui attribuerai pas

de volume défini, la même quantité pourra occuper n'importe quel volume. L'identité ici sera assurée non pas, comme pour l'atome, par la persistance des limites spatiales, mais par celle d'un signe d'intensité, primitivement fondé sur la considération d'une sensation — la même chaleur étant celle qui me paraît telle à l'attouchement — à laquelle nous substituons ensuite un concept dérivé, tel que celui basé sur l'échelle thermométrique. Dès lors, le discret ne s'impose plus.

Mais, bien entendu, toutes les théories qualitatives, quelque mitigées qu'elles soient, présentent le même inconvénient essentiel, c'est que le domaine de la qualité supposée paraît absolument délimité, entouré en quelque sorte d'un fossé infranchissable et hors de tout rapport possible avec le reste des phénomènes de la nature. Tant que la chaleur était un fluide et l'électricité un autre fluide différent du premier, aucune transition entre les deux n'était possible ; ou, pour être plus précis, on aurait pu se figurer à la rigueur que l'un se transformait dans l'autre par une sorte de réarrangement des molécules à peu près comme le phosphore blanc devient phosphore rouge, mais alors le fluide cessait d'être spécifiquement calorique, ce caractère devenant un attribut du mode d'arrangement de ses particules. En d'autres termes, le fluide n'était plus l'hypostase d'une sensation et la théorie cessait d'être qualitative. On croit parfois distinguer, au XVIIIe siècle, des idées de ce genre. Mais la science n'a conçu clairement les rapports entre les diverses formes de l'énergie que par la transformation de l'énergie mécanique en énergie calorique, etc.; d'ailleurs, antérieurement déjà, la similitude entre la chaleur et la lumière d'une part et le mouvement vibratoire d'autre part était clairement établie ; la conception s'imposait donc, qu'il s'agissait partout, non pas d'arrangements, mais de modes de mouvement. Dans le même ordre d'idées, l'établissement de rapports nets entre les divers éléments chimiques conduirait directement à faire prévaloir le concept de l'unité de la matière, c'est-à-dire que les différences qualitatives, spécifiques, que nous sommes encore obligés de supposer à l'heure actuelle, disparaîtraient pour faire place à des différences d'arrangement ou de mouvement.

Ainsi donc, en partant d'une théorie qualitative, la science, à mesure qu'elle progresse, arrive de plus en plus à substituer la quantité à la qualité. Il est à noter que le principe de

légalité seul, le souci permanent d'étendre les rapports entre les choses, suffit à motiver ce progrès. Mais il ne faut pas oublier que le point de départ, la théorie qualitative, est déjà une conception causale, en ce sens qu'elle stipule la persistance de quelque chose (qui est, en l'espèce, une sensation hypostasiée). En outre, ce progrès, qui aboutit à remplacer un concept causal par un autre, se fait aussi dans le sens de la causalité. En effet, chaque fois que nous passons d'une qualité à une quantité, nous nous éloignons de la sensation et lui substituons de plus en plus un concept hypothétique. Quand, au lieu du chaud et du froid d'Aristote, nous introduisons *la chaleur*, puis le fluide calorifique, nous avons déjà créé un concept fort abstrait ; ce fluide est très différent de notre sensation, puisqu'il crée en nous au moins trois sensations bien caractérisées : *froid*, *chaud*, *brûlure*. La différence s'accentue encore au moment où la chaleur devient un mouvement. Or, tous ces concepts n'ont et ne sauraient avoir avec notre sensation d'autre rapport que celui d'être une cause supposée de cette sensation. C'est donc en substituant à la sensation ce qui est censé être sa cause que le progrès s'est accompli. C'est aussi dans ce sens et non seulement parce qu'il ne s'arrête pas au devenir, mais prétend aussi expliquer la cause de l'être, que le mécanisme constitue une expression plus complète du principe causal.

Des conceptions analogues aux théories de la qualité constituent en très grande partie le fond d'un groupe de doctrines qui ont surgi dans la première moitié du XIXe siècle. Cependant, les spéculations des *Naturphilosophen* allemands auxquelles nous faisons allusion ici se sont produites plutôt en marge de la science ; si elles ne sont pas restées absolument sans influence sur son développement, — il ne faut pas oublier qu'elles ont inspiré Oersted auquel est due la découverte de l'électro-magnétisme, — elles n'ont, semble-t-il, à aucun moment, constitué de vraies théories scientifiques. Nous n'avons donc pas à les examiner à ce titre. Mais une autre théorie a été formulée récemment qui, tout en se rattachant par certains côtés à ces doctrines anciennes, est cependant d'essence vraiment scientifique. Le nom de son auteur, M. Ostwald, le célèbre théoricien de la chimie, suffirait seul à attirer l'attention sur ces conceptions, d'ailleurs remarquables à plus d'un titre.

Pour M. Ostwald, le monde extérieur constitue la manifesta-

tion d'un seul principe, l'énergie ; nous ne connaissons le monde que par nos sensations ; or, celles-ci ne sont autre chose que des différences d'énergie[1]. On peut subordonner tous les phénomènes au concept de l'énergie ; celle-ci seule les détermine tous[2]. Le concept de l'énergie englobe celui de cause[3]. L'espace même ne nous est connu que par la dépense d'énergie nécessaire pour le pénétrer[4]. Si nous le supposons immuable, si nous en postulons la conservation, c'est qu'il s'agit de la conservation d'une forme particulière de l'énergie, l'énergie de volume[5]. L'énergie est à la fois la plus générale des substances et le plus général des accidents[6]. Elle est une réalité, tandis que la matière est une invention « assez imparfaite d'ailleurs que nous nous sommes forgée pour représenter ce qu'il y a de permanent dans toutes les vicissitudes[7] ». Si l'on sépare l'énergie de la matière, celle-ci s'évanouit[8]. L'énergie est, en somme, à un degré bien plus grand que l'éther chez certains physiciens atomistes, l'élément ultime, le substrat unique de toute réalité. Il va sans dire que nous ne saurions songer à la décomposer réellement ; mais, dans notre idée, nous nous livrons bien à cette opération, puisque nous la décomposons en facteurs, de diverses manières. Certains de ces facteurs appartiennent à la classe que M. Ostwald désigne sous le nom de « facteurs d'intensité », tels que, par exemple, la vitesse ou la température. Ce ne sont pas de vraies grandeurs, puisqu'elles ne s'ajoutent pas les unes aux autres : deux corps de poids identique forment ensemble un corps de poids double, mais deux corps de même vitesse ou de même température ne fourniront qu'un corps de vitesse ou de température identique. M. Ostwald observe que si l'on divise l'énergie par un « facteur d'intensité » on arrive à des grandeurs qui demeurent constantes, c'est-à-dire qui ne peuvent

1. Ostwald. *La déroute de l'atomisme contemporain.* Revue générale des sciences, VI, p. 956.

2. Id. *Vorlesungen ueber Naturphilosophie.* 2e éd. Leipzig, 1902, p. 152.

3. *Ib.*, p. 153.

4. *La déroute*, p. 957.

5. *Vorlesungen*, p. 283.

6. *Ib.*, p. 146.

7. *La déroute*, p. 956. Il se peut que, sur ce point particulier, les idées de M. Ostwald se soient quelque peu modifiées, ainsi qu'il semble ressortir de passages que nous citerons dans la suite.

8. *Ib.*, p. 957.

se modifier que si le système reçoit de l'énergie de l'extérieur : telles sont la masse, la quantité de mouvement, la quantité d'électricité. Le principe de la conservation de la matière cesse de paraître, comme jusqu'à ce jour, un énoncé primordial de la science et devient un cas particulier de la conservation de ces grandeurs que M. Ostwald appelle les « capacités [1] ».

Il faut reconnaître que le système de M. Ostwald est par certains côtés extrêmement séduisant. La déduction des « capacités », ce concept général qui paraît embrasser tout ce qui, dans les phénomènes, doit se conserver, ce procédé qui permet de le prévoir *a priori*, nous inclinent, à première vue, à supposer que nous avons réellement surpris un des secrets fondamentaux de la nature, peut-être le principe le plus général qui la dirige. A regarder de plus près, de graves doutes surgissent.

Faisons abstraction de l'étonnement qu'on éprouve à voir déduire l'immutabilité de l'espace, — notion que nous sentons sinon antérieure, du moins simultanée à l'origine même de toute expérience, — d'une conception aussi compliquée que l'énergie de volume, c'est-à-dire, en dernière analyse, de la conservation de l'énergie. Ce n'est peut-être pas là une affirmation qui tienne essentiellement au système et M. Ostwald pourrait l'abandonner sans que sa théorie fût mise en danger. Considérons le fondement même du système, le concept de l'énergie et le principe qui en énonce la conservation. C'est là, nous l'avons vu, pour M. Ostwald, quelque chose qui domine et détermine l'expérience entière. Cependant, il n'entend pas que ce principe soit *a priori* (en quoi il a évidemment raison), mais lui assigne une origine empirique [2]. Il faudrait alors au moins, semble-t-il, que ce fût une constatation d'expérience continue et journalière, qu'elle eût été faite de tout temps. Or, nous l'avons vu, elle est toute récente; à aucun moment, avant le XVII[e] siècle, non seulement nul ne l'énonça (contrairement à ce qui eut lieu pour la conservation de la matière) mais nul n'en eut même le pressentiment; et la formule en est si malaisée à connaître que, quand elle fut énoncée pour la première fois (par Descartes), ce fut d'une manière erronée. A l'heure actuelle même,

1. *Vorlesungen*, p. 281-282.
2. *Ib.*, p. 173 et 186.

elle demeure, en tant que loi empirique, d'une vérification difficile et, dans bien des cas, impossible; sans compter que les découvertes récentes, celle notamment des corps radioactifs, tendent certainement à l'infirmer en tant que notion déduite directement de l'expérience. En réalité, l'énergie, Hertz nous l'a dit, n'a rien d'une substance; sa conservation est simplement *plausible*; mais alors il faut la déduire du principe de causalité, et non inversement, comme le veut M. Ostwald.

D'autre part, le système infiniment ingénieux des *intensités* et des *capacités* conduit à une anomalie qui le menace dans sa partie essentielle. La température est incontestablement, selon la définition de M. Ostwald, un facteur d'intensité des mieux caractérisés, puisque deux corps ayant même température, si on les réunit, n'en changent pas. En divisant l'énergie calorique par la température, on arrive à l'entropie. L'entropie devrait donc, d'après M. Ostwald, rentrer dans la classe des *capacités*, c'est-à-dire rester constante. Or, nous savons que sa caractéristique essentielle (excepté le cas limite, irréalisable dans le monde physique) est au contraire de grandir constamment. M. Ostwald a cherché à écarter cette difficulté destructive de son système. En s'appuyant sur certaines données expérimentales, et notamment, semble-t-il, sur celles de M. Landolt, il déduit que la masse pourrait bien être une grandeur non pas constante, mais soumise à des modifications incessantes dans une même direction [1]. Évidemment, cette supposition modifie tout à fait la notion de capacité établie par M. Ostwald lui-même, toutes les capacités s'assimilent à l'entropie. Qui ne voit ce qu'un tel système a d'artificiel ? Que la matière puisse se dissocier, comme le suppose aussi M. G. Le Bon, cela est assurément admissible : mais les faits par lesquels on conclut à cette dissociation, en prenant les choses au mieux, sont rares et menus. Quelle analogie y a-t-il entre cette situation et la manière dont se comporte l'entropie dont la tendance à l'accroissement, manifeste et incessante, nous apparaît comme le grand ressort réglant le devenir des phénomènes, ainsi que du reste M. Ostwald le reconnaît lui-même? N'est-il pas évident au contraire qu'au lieu de se comporter comme l'entropie, la masse se comporte plutôt comme l'énergie, que le principe

1. *Vorlesungen*, p. 281.

de la conservation de la masse ne ressemble en rien à celui de Carnot et est tout à fait analogue au principe de la conservation de l'énergie? Les anomalies expérimentales découvertes pour le premier de ces principes ne sont certainement pas moindres que celles constatées pour le dernier. Sans parler du fait que, comme l'observe justement M. Étard[1], les concepts de matière et d'énergie sont indissolublement liés pour nous, au point que la destruction de l'un entraîne la disparition de l'autre : pour $m = 0$, mv^2 s'annule également, la vitesse devant évidemment rester finie. Et comment d'ailleurs s'imaginer l'énergie n'ayant pas pour substrat la masse ? Dans ces conditions, ériger la conservation de l'énergie en fondement inébranlable d'une théorie du monde et supposer que la conservation de la masse n'est qu'une apparence que les faits se chargeront de démentir, semble vraiment contraire à toutes les règles de la logique.

Constatons d'ailleurs que M. Ostwald, en formulant sa théorie énergétique, se mettait en contradiction avec les principes généraux qu'il avait lui-même proclamés. Ces principes, nous l'avons vu par un passage cité au début de cet ouvrage (chap. I, p. 2) sont ceux d'Auguste Comte. Ils se résument dans l'affirmation que la loi seule suffit pour l'explication du phénomène ; c'est donc le *hypotheses non fingo*, poussé jusqu'à l'abandon, la proscription de tout ce qui va au delà de la loi. Est-il besoin de démontrer que l'hypothèse énergétique, telle que la conçoit M. Ostwald, ne rentre pas dans ce cadre ? Plus et mieux que les atomes de n'importe quel théoricien mécaniste, l'énergie du savant de Leipzig est un véritable être ontologique, une chose en soi[2]. Elle existe absolument, indépendamment de toute autre chose, embrassant la substance et l'accident, l'espace et la cause, étant elle-même sa propre cause, *causa sui*, et causant le monde phénoménal tout entier. Le fait qu'un esprit aussi éminent que M. Ostwald, en dépit de sa profession de foi si nette, n'ait pu se cantonner dans le domaine de la loi pure, qu'il ait cherché, en dehors de celle-ci, à constituer un véritable système d'*explications*, est certes des plus significatifs. Et il est également digne de remarque qu'une fois sorti de la stricte légalité, il ait aussitôt

1. Étard. *Les nouvelles théories chimiques*. Paris, s. d., p. 12.

2. Cf. notamment *Vorlesungen*, p. 242, où M. Ostwald, protestant contre toute autre supposition de « chose en soi », démontre que seule l'énergie doit être considérée comme telle.

adopté comme fondement de sa théorie un concept immuable dans le temps, une *constance*. Enfin, il est très curieux d'observer à quel point dans ce système, tout comme dans la théorie atomique, le principe de Carnot apparaît comme une anomalie[1]. M. Ostwald, nous venons de le voir, a cherché à tourner la difficulté en supposant que les autres « capacités » ne se conservent peut-être pas non plus. Mais, en réalité, la logique de son système exige plutôt une assimilation en sens inverse : c'est l'entropie qui devrait se comporter comme la masse et la quantité de mouvement, et se conserver indéfiniment. En d'autres termes, l'accroissement de l'entropie étant le grand ressort du changement, *il ne devrait pas y avoir de modification dans le temps*. C'est bien, nous l'avons vu, la formule de toutes les « explications ». Peut-être même trouvera-t-on qu'à ce point de vue les théories cinétiques sont encore supérieures à celle de M. Ostwald. Il est certes moins paradoxal de vouloir expliquer le principe de Carnot par la statistique que de chercher à établir une analogie entre la masse et l'entropie.

1. M. Ostwald (*Vorlesungen*, p. 281) le qualifie d'« irrégularité dans notre image du monde ».

CHAPITRE XI

LE SENS COMMUN

Dans ce chapitre, nous essaierons de montrer que ce qu'on désigne comme les concepts du sens commun a été créé par un processus inconscient, il est vrai, mais par ailleurs strictement analogue au procédé à l'aide duquel nous formons les théories scientifiques ; que là encore la tendance causale, le principe de l'identité dans le temps joue un rôle prépondérant, et qu'à ce point de vue le sens commun fait partie intégrante de la science, ou inversement, la science n'étant, comme on l'a dit, — mais peut-être dans un sens un peu différent de celui dans lequel on l'a dit, — qu'un prolongement du sens commun. Nous avons été obligés dans les chapitres précédents de traiter brièvement, par anticipation, certains côtés particuliers du problème. Nous allons maintenant l'examiner un peu plus à fond.

En ouvrant les yeux, je perçois des objets et cette perception semble être quelque chose de simple, de primordial. Mais il n'en est pas ainsi. L'aveugle-né devenu clairvoyant — c'est une constatation passée à l'état de lieu commun en psychologie — n'a d'abord que des sensations confuses ; ce n'est que par l'usage qu'elles se relient chez lui aux sensations tactiles qui lui étaient depuis longtemps familières, et que dès lors il parvient réellement à percevoir par la vue des « objets ». La perception est donc une opération compliquée. La mémoire y joue un rôle considérable, « conscience signifie mémoire[1] », « il n'y a pas de perception qui ne soit mêlée de souvenirs[2] » dit M. Bergson, et cela au point que « percevoir finit par

1. Bergson. *Introduction à la métaphysique*. Revue de métaphysique, XI, 1903, p. 5.

2. Id. *Matière et mémoire*, Paris, 1903, p. 20.

n'être plus qu'une occasion de se souvenir[1] », ces souvenirs étant d'ailleurs souvent ceux de plusieurs sens : c'est ainsi que chez les clairvoyants les perceptions spatiales sont toujours composées de souvenirs de sensations visuelles et tactiles qui s'évoquent mutuellement. Toutefois, il est important de le rappeler, ces souvenirs se distinguent foncièrement de ceux que nous désignons d'ordinaire sous ce nom, en ce sens que nous n'avons pas conscience que ce sont des souvenirs, mais qu'ils nous paraissent faire partie intégrante de la sensation actuelle qui les a évoqués. Ces évocations et leur synthèse, leur « concrétion », pour nous servir d'un terme singulièrement expressif créé par Ampère[2], sont tellement rapides, instantanées, que ce n'est qu'à l'aide d'une analyse très ardue que nous parvenons dans certains cas à dénouer ces associations et à atteindre, avec M. Bergson, « les données immédiates de la conscience ». Sans avoir la prétention de pénétrer profondément dans ce sujet, tâchons, à l'aide de quelques simples analyses de faits concrets, d'élucider plusieurs points qui nous intéressent particulièrement.

J'aperçois de loin un arbre. Je vois (ou je crois voir, ce qui revient ici au même) une foule de détails, des branches, des feuilles, des rugosités d'écorce, etc. Il est tout à fait certain que ma sensation véritable ne contient que quelques taches imprécises et que tout le reste appartient à la concrétion de la mémoire. Pour m'en convaincre, je n'ai qu'à regarder de près un décor de théâtre, ou un tableau d'impressionniste qui, à une distance convenable, m'ont parfaitement donné l'impression de la chose réelle. Les couleurs mêmes, qui sont l'objet de ma sensation directe, sont très différentes de celles que je crois percevoir. Pendant de longues années les tableaux des impressionnistes ont fait s'exclamer ou s'esclaffer l'immense majorité du public, les amateurs éclairés aussi bien que la foule et surtout la généralité des peintres. On considérait comme absurde qu'une forêt fût violette dans l'éloignement. Et pourtant, il n'y a pas de doute pour nous actuellement, elle *l'est;* mais notre mémoire transforme aussitôt cette image à l'aide du souvenir de la même forêt vue de près ; et dès lors nous jurons que nous la voyons verte, ce qui

1. *Ib.*, p. 59.

2. A.-M. Ampère. *Essai sur la philosophie des sciences.* Paris, 1834-1843, vol. I[er], p. 51.

veut dire que nous la voyons telle réellement. L'œuvre de l'impressionnisme a consisté précisément à revenir en partie sur ce travail de transformation et à se rapprocher davantage de la sensation immédiate, fugitive.

Notons que le souvenir, qui intervient si rapidement et si efficacement, est bien souvent un souvenir généralisé. Il n'est pas nécessaire que j'aie vu de près l'arbre ou la forêt que je regarde de loin, il suffit que ce soit un arbre, une forêt, pas trop dissemblables de ceux que je connais bien, pour que ma mémoire se mette en branle aux premières taches de couleur imprécises, mais caractéristiques, que j'apercevrai : c'est que je sais qu'un arbre, une forêt se présentent ainsi de loin. Ce savoir, je l'ai évidemment acquis par expérience, il est une expérience généralisée, en d'autres termes une loi. Ainsi ma perception n'est pas seulement influencée par ce dont je me souviens, mais encore par la manière dont je l'ai généralisé, c'est-à-dire par *ce que je sais*. Mais peut-être sera-t-il bon d'illustrer cette proposition par un autre exemple encore.

Je me trouve dans un train arrêté. J'aperçois par la croisée de gauche un autre train, également arrêté, et par celle de droite les bâtiments de la gare. Je regarde à gauche : à un moment donné, j'ai la sensation nette que mon train, sans secousse, s'est mis en mouvement. Je jette un coup d'œil à la croisée de droite : les bâtiments de la gare ne bougent pas. Instantanément, ma sensation se modifie ; mon train ne marche plus ; si je regarde de nouveau à gauche, c'est l'autre train qui roule. Cela peut se passer dans une gare qui m'est totalement inconnue, que je vois pour la première fois en jetant le coup d'œil vérificateur à la croisée de droite. Je n'en aurai pas plus d'hésitation pour cela, ma sensation se modifiera toujours aussi rapidement ; apparemment parce que je *sais*, dès le premier coup d'œil, que c'est un bâtiment et que les bâtiments sont d'habitude fixés au sol : ce qui est bien une expérience généralisée, une loi. Mais il va sans dire que le processus intellectuel dont il est question n'arrive pas à ma connaissance, il est, comme l'action de la mémoire elle-même, entièrement inconscient, il fait partie intégrante de ce que je juge être ma perception pure et simple.

Que si maintenant nous prétendons remonter ce courant, dépouiller la perception de tout ce que la mémoire y apporte, nous aboutirons évidemment en dernière instance à des états de conscience consécutifs, qui pourront bien se répartir entre

les divers sens, mais qui ne contiendront aucun élément qui ne soit à nous — puisque ce seront des états de notre conscience — et qui, de même, ne renfermeront pas trace de cette division en objets distincts, qui caractérise les données du sens commun.

Quelle est la source de ce « morcellement du réel »? M. Bergson[1] nous apprend qu'il s'opère en vue des exigences de la vie pratique, et cette thèse est certainement juste. Rien ne m'importe tant que d'être à même de prévoir ces états de conscience. En effet, je reconnais bientôt qu'ils sont essentiellement variables, variables dans le temps, ce qui veut dire, en l'espèce, variables en fonction d'autres états de conscience dont je connais et prévois la périodicité, tels que le retour du jour et de la nuit ou celui des saisons. Je sens d'ailleurs immédiatement que cette variation est indépendante de ma volonté et que, si je ne suis pas en mesure de la prévoir afin de réagir, les états de conscience qui s'ensuivront me seront désagréables. C'est pourquoi, en vue d'établir des règles qui me permettent d'opérer cette prévision, j'ai le plus grand intérêt à morceler ces états de conscience en sensations particulières, celles d'entre elles qui s'accompagnent ou se suivent habituellement arrivant alors à s'associer et à s'évoquer mutuellement, par l'effet de la mémoire. C'est ainsi que l'apparition d'une tache blanche de nature déterminée dans mon champ visuel me fait croire qu'en combinant mes actions d'une manière appropriée je parviendrai à me procurer cette sensation agréable que j'appelle « le goût du sucre ».

Ce que j'arrive à constituer ainsi, c'est le phénomène, bien entendu considéré comme m'appartenant exclusivement, comme se passant uniquement dans ma conscience. Rien, semble-t-il, qui puisse me suggérer la notion de quelque chose d'extérieur au moi. Assurément, ces sensations sont indépendantes de ma volonté; mais ce sont toujours *mes* sensations; comment concevoir qu'il y ait en elles un élément qui ne vienne pas de moi? C'est là cependant ce que nous faisons continuellement (chap. x, p. 296 ss.). La sensation du rouge qui m'appartient, je la transforme en qualité d'un objet extérieur en affirmant : cet objet est rouge. N'est-ce pas un saut inexplicable?

1. Bergson. *Perception et matière*, Revue de métaphysique, IV, 1896, p. 272. *Matière et mémoire*, p. 202.



Sans doute, des métaphysiciens ont prétendu qu'il n'y avait pas là de saut. A les en croire, le sens commun, en affirmant l'existence de la table et sa qualité de rouge, n'entend rien énoncer qui soit extérieur à ma conscience. Il prédit simplement que, dans certaines conditions, j'éprouverai l'ensemble de sensations que je désigne comme table et comme rouge. Tout se bornerait donc à la sensation ou à la possibilité d'une sensation. Il suffit d'interroger n'importe quel homme dont l'entendement est resté préservé du « doute métaphysique » et même de descendre dans sa propre conscience pour s'apercevoir à quel point cette explication est en désaccord avec la réalité. Le sens commun est bien certainement une métaphysique, il affirme nettement l'existence des objets extérieurs, et il est à mille lieues de supposer qu'elle dépend de nôtre conscience.

Ainsi je n'éprouve nulle hésitation à affirmer l'existence d'objets que ma sensation ignore. Cette table que je n'aperçois plus, je suis cependant convaincu qu'elle *est* toujours. Dira-t-on que c'est parce que j'en ai conservé la mémoire? Mais la chambre où s'est passée mon enfance, son unique fenêtre, ses murs bleuâtres, et les rideaux et mon petit lit, j'en ai gardé un souvenir si précis que je n'ai qu'à fermer les yeux pour les revoir; et cet ami que j'ai perdu il y a peu d'années et qui était la meilleure partie de moi-même, il suffit que ma pensée effleure cette chère image pour que sa présence me devienne douloureusement réelle, presque palpable. Et cependant je suis convaincu que tout cela a cessé d'exister, alors que d'autres objets qui ont disparu entièrement de ma mémoire, ou qui même n'ont jamais fait partie de ma sensation directe, m'apparaissent cependant, si je m'interroge, comme existants. Il n'y a donc pas variation concomitante, et partant pas de rapport réel.

Il est tout aussi clair, semble-t-il, que la question de simple utilité ne saurait fournir l'explication cherchée. Sans doute, une fois que j'aurai formé le concept tout entier d'un monde extérieur et d'objets qui s'y meuvent, ce concept me facilitera énormément le classement de mes sensations et par conséquent aussi leur prévision. Mais le problème est de savoir comment j'ai pu faire le premier pas, concevoir même la possibilité que quelque chose puisse exister en dehors de moi, de ma conscience, comment, à supposer même que le concept d'un « extérieur » me vienne d'une autre source, j'ai eu l'idée

paradoxale d'y loger ce qui est ma sensation à moi, ce qui m'appartient incontestablement.

Remarquons d'abord que si le monde entier, tel que le conçoit le sens commun, ne dépend pas de la sensation directe, il est cependant construit entièrement à l'aide d'éléments qu'il lui emprunte. En ce sens, il est exact de dire qu'il est le résultat de ma mémoire et aussi qu'il représente une possibilité de sensation. Cette table que je n'aperçois plus, que rien ne rattache à ma sensation actuelle, a cependant fait partie de mon état de conscience il y a quelques instants; et la ville de Lucknow où je ne suis jamais allé, je conçois néanmoins qu'elle existe, parce que je me figure qu'en m'y rendant, c'est-à-dire en exécutant une série déterminée d'actions, j'aurai une sensation plus ou moins déterminée et dont les éléments me sont fournis sans aucun doute par des sensations que j'ai éprouvées réellement — puisque aussi bien ils ne sauraient me venir d'autre part.

Quelques métaphysiciens ont voulu assimiler à des sensations réelles les souvenirs de sensations ou les images construites à l'aide de souvenirs plus ou moins transformés, en prétendant qu'entre les uns et les autres il n'y a qu'une différence d'intensité, les premiers étant des états de conscience faibles, et les seconds des états de conscience forts. Mais c'est là certainement une assimilation injustifiée. Quand je verrai la table à travers un brouillard de plus en plus épais ou dans l'obscurité grandissante, ou quand on me montrera sur un transparent une vue de Lucknow dont l'intensité ira en s'affaiblissant, pourrai-je à aucun moment confondre réellement ces sensations avec des images mentales ? En d'autres termes, comme le dit Spir[1], les sensations actuelles elles-mêmes passant par tous les degrés de vivacité, depuis zéro jusqu'au point où elles sont intolérables, comment, à un degré quelconque de cette échelle, pourrions-nous confondre sensation et souvenir ? Sans doute, je puis éprouver des illusions, je puis avoir des rêves ou des hallucinations. Mais alors j'ai moi-même conscience qu'il s'agit de faits qui n'ont rien de commun avec le fonctionnement normal de mon esprit. Le cas est un peu plus embarrassant, si je suppose que je me trompe simplement et que par exemple, au déclin du jour, dans la campagne, je croie voir un homme là où il n'y a en réalité

1. Spir. *Pensée et réalité*. Paris, 1896, p. 34.

qu'un tronc d'arbre. En effet, il est certain qu'à un moment donné j'ai *vu* l'homme, j'ai eu la sensation réelle; or, cette erreur provient évidemment du fait que mes souvenirs m'ont rappelé que j'avais vu autrefois des hommes dont la silhouette ressemblait à celle de ce tronc d'arbre. N'y a-t-il pas là confusion entre un souvenir et une sensation réelle ? En aucune façon. Toute sensation actuelle, nous l'avons vu, est en grande partie composée de souvenirs, mais ceux-ci sont différents des souvenirs réels. Nous dirons bien, en parlant d'une erreur de ce genre, que le souvenir nous a troublé, mais jamais nous ne l'assimilerons à un vrai souvenir.

Ainsi, ce dont est composé un objet dont j'affirme l'existence alors que je n'en ai pas la sensation, ce sont encore mes sensations, mais des sensations que je n'éprouve pas au moment même. J'affirme donc, à la lettre, l'existence actuelle de sensations qui sont à moi et que pourtant je n'éprouve pas.

Cette affirmation paraît contradictoire, et elle l'est en effet. Affirmer l'existence des objets alors qu'ils n'apparaissent plus à nos sens constitue, comme le dit Hume, « une contradiction dans les termes », car cela suppose « que les sens continuent à opérer, même quand ils ont cessé toute sorte d'opération[1] ». Aussi, pour atténuer cette contradiction, déclare-t-on le plus souvent que ce n'est pas de la sensation elle-même que nous affirmons l'existence, mais de sa *cause*. C'est dans ce sens que Schopenhauer a déclaré que la matière était entièrement (*durch und durch*) causalité[2] et que Huxley la définit « un nom pour la cause inconnue et hypothétique de nos propres états de conscience[3] ». Mais c'est ici le lieu de se rappeler que causalité veut dire identité, ou du moins espoir d'identité : *causa æquat effectum*. Quand nous affirmons qu'un objet qui ne fait pas partie de notre sensation actuelle constitue une possibilité de sensation, nous avons simplement recours à l'éternel subterfuge que nous mettons en œuvre chaque fois que l'identité nous fait manifestement défaut là où nous la souhaitons particulièrement : cette *possibilité* de sensation, ainsi que l'indique du reste l'étymologie, est un être du même ordre que

1. Hume. *A Treatise on Human Nature*. Londres. 1878, p. 479. Cf. *Psychologie*, trad. Renouvier et Pilon, Paris, 1878, p. 249.

2. Schopenhauer. *Ueber die vierfache Wurzel*, etc., *Werke*, éd. Frauenstaedt. Leipzig, 1877, p. 82. Cf. *Die Welt als Wille und Vorstellung*, vol. I, p. 10.

3. Huxley. *Lay Sermons*, Londres, 1887, p. 124.

la qualité *en puissance* d'Aristote[1] ou l'énergie *potentielle* des physiciens. C'est quelque chose qui ne se manifeste en aucune façon, et qui par conséquent n'existe pas, mais dont nous sommes cependant obligés de supposer l'existence pour satisfaire à notre besoin d'identité, parce que nous savons que cela *peut* se manifester (cf. p. 173 et 313).

Ce qu'il y a, en effet de plus remarquable dans cette possibilité de sensation, c'est la permanence que je lui suppose et qui jure avec ma sensation immédiate. « Cette idée de quelque chose qui se distingue de nos impressions fugitives par le caractère que Kant appelle la perdurabilité, qui reste fixe et identique quand nos impressions varient ; qui existe, que nous le sachions ou non, et qui est toujours carré (ou d'une autre figure) qu'il nous apparaisse carré ou rond, c'est ce qui constitue toute notre idée de substance extérieure » dit Stuart Mill[2]. M. Ostwald, partant d'un point de vue tout différent, arrive de même à la conclusion que ce qu'il y a de plus essentiel dans un concept représenté par un substantif (c'est-à-dire le concept d'un objet), c'est qu'il représente quelque chose de durable et d'indépendant du temps[3].

La marche du raisonnement inconscient que nous supposons ici serait donc celle-ci : j'ai eu un ensemble de sensations que j'appelle : la table rouge ; je sais que ces sensations peuvent revenir ; par conséquent, pour contenter ma tendance causale, je suppose que ces sensations existent dans l'intervalle. Or comme, par hypothèse, elles n'existent pas en moi, elles doivent exister autre part ; il faut donc qu'il y ait un « autre part », un non-moi, un monde extérieur à ma conscience.

Le fait que nous ayons une tendance irrésistible à hypostasier nos sensations, c'est-à-dire à les détacher de nous et à supposer leur existence en dehors de nous, n'est d'ailleurs pas contestable : nous en avons eu des exemples suffisants au cours de ce travail. Songeons au « moulin » de Leibniz ; que nous montre ce raisonnement ? Que la sensation est quelque chose d'inintelligible, d'irrationnel. Et pour qu'elle fût intelligible, rationnelle, que faudrait-il donc ? Il faudrait qu'il y

1. « Car c'est surtout de quelque chose qui est en puissance que vient le corps effectif et réel. » ARISTOTE. *Traité du ciel*, l. III, cap. III, § 1.

2. J. S.-MILL. *Examen de la philosophie de Hamilton*, trad. CAZELLES. Paris 1869, p. 214.

3. OSTWALD. *Vorlesungen*, p. 40.

eût identité entre ce que le moulin produit et ce qu'il reçoit, entre le monde extérieur et la sensation; le cerveau lui-même — le moulin — figurant ici un simple prolongement du monde extérieur. Toute la valeur de l'image est précisément en ce qu'elle nous fait toucher du doigt l'hétérogénéité de ces deux choses. Et si elle nous surprend, si elle nous semble paradoxale au premier abord, c'est que nous nous attendions à trouver là une identité, c'est donc que nous avions supposé que nos sensations peuvent réellement exister, se promener (si l'on ose s'exprimer ainsi) hors de nous-mêmes. Cela est si vrai que nous éprouvons la plus grande répugnance à admettre que le raisonnement du physicien et du physiologiste soit réellement valable sur ce terrain. C'est ce qui fait que M. Bergson demande (p. 269) que la lumière (bien entendu, la lumière-sensation) soit reconnue comme un composant de l'électricité, et non inversement; et Lotze, ayant reconnu qu'il faut à cette sensation un *sujet*, puisque, comme il le dit plaisamment « une splendeur que personne absolument ne verrait reluire, le son d'un ton que personne n'entendrait, la douceur que personne ne goûterait » seraient « tout aussi impossibles qu'une rage de dents que personne n'aurait[1] », en arrive à se demander si les choses n'éprouveraient pas elles-mêmes les sensations qu'elles nous font éprouver — ce qui serait, en effet, la formule la plus complète et la plus logique de l'hypostase de la sensation, de sa persistance en dehors de nous. Cette formule nous conduirait d'ailleurs tout droit à une physique purement qualitative.

Notons que le sens commun ne procède pas absolument ainsi. En effet, ce sont bien des sensations qui ont servi à le constituer; mais elles ne sont pas restées entièrement intactes. Quand il s'agit du son et de la couleur, il est bien entendu que ce que je place en dehors de moi, en vertu du sens commun, est une simple hypostase de ma sensation. Mais si nous pensons au concept de matière qui est le plus important du monde extérieur (on pourrait dire du monde *matériel* et ce serait un synonyme), la situation change. La matière n'est point une hypostase de sensation pure et simple; si elle l'était, ce serait, comme la couleur ou le son, un concept purement qualitatif; or, elle est une quantité, ou du moins elle admet l'application de la catégorie de quantité. La matière est un

1. Lotze. *Metaphysik*. Leipzig, 1879, p. 506-507.

concept compliqué, à l'élaboration duquel tous nos sens participent, en premier lieu, du moins chez les hommes normaux, la vue et le toucher. Nous n'avons aucunement l'intention de tenter une déduction complète de ce concept à l'aide de la sensation seule; peut-être cela n'est-il pas possible, car il n'est pas bien certain que, le concept de matière se liant intimement à celui d'espace, il n'y ait pas là des éléments purement aprioriques, tenant à la constitution même de notre raison. Mais l'analyse à laquelle nous nous sommes livré (p. 317 ss.) montre clairement, à notre avis, qu'entre le concept de quantité matérielle et nos sensations qualitatives correspondantes le rapport est analogue à celui qui relie le concept de vibration lumineuse à la sensation de couleur ou celui de vibration sonore à la sensation du son.

Nous laisserons complètement de côté, comme étant en dehors de notre sujet, la question de savoir comment, à cette image du monde extérieur résultant de notre sensation, ou de notre représentation pour parler avec Schopenhauer, se rattache celle que nous pouvons déduire de notre volonté. Même si l'on postule que celle-ci est primordiale et que notre conception du non-moi vient primitivement de la supposition d'un vouloir étranger au nôtre, ou que l'on adopte même, pour l'origine première du concept du non-moi, telle hypothèse métaphysique que l'on voudra, notre démonstration reste debout dans ses lignes essentielles. Il suffit, en effet, que l'on reconnaisse que le sens commun constitue le concept d'un objet présent à l'aide de sensations hypostasiées plus ou moins transformées et que, par conséquent, le concept d'un objet absent est constitué des mêmes sensations dont on suppose la persistance.

Dès lors, en effet, il devient évident qu'en formant ces concepts des objets extérieurs selon le système du sens commun, notre entendement n'a pas suivi d'autres règles que celles que nous lui avons reconnues en scrutant les procédés de la science. C'est toujours le principe de causalité, la tendance à voir, par besoin d'explication, toutes choses persister sans changement; c'est aussi, pour répondre à ce besoin, le même procédé de substitution d'une cause quantitative à la sensation qualitative[1].

1. Nous croyons que c'est le sentiment plus ou moins conscient, mais très puissant, de cette analogie qui se retrouve au fond des affirmations de la continuité du sens commun et de la science. Mentionnons surtout, dans

Et comme, bien entendu, le point de départ ne peut être autre que notre sensation, il est naturel que le premier système que nous adoptions consiste à faire subir à ces sensations le minimum de transformation, à les hypostasier autant que possible telles quelles : c'est ce que nous appelons le sens commun.

Le terme est d'ailleurs fort bien choisi. En effet, le système simplifie les rapports avec nos semblables ; il importe peu, à ce point de vue, que nos concepts soient plus ou moins adéquats aux choses ; comme les erreurs sont les mêmes chez les autres hommes, elles s'éliminent quand nous communiquons avec eux. « Parmi les hommes, rien n'est égal, rien n'est semblable, hormis les noms des choses » dit Euripide[1], et d'Alembert, dans le *Discours préliminaire* à l'Encyclopédie, se demande « si cette communication réciproque (entre les hommes) jointe à la ressemblance que nous apercevons entre nos sensations et celles de nos semblables, ne contribue pas beaucoup à former ce penchant invincible que nous avons à supposer l'existence de tous les objets qui nous frappent[2]. » Sans aller aussi loin que d'Alembert, puisqu'aussi bien nous supposons que le concept de l'objet se forme par une voie différente, nous admettrons que le consentement des autres et l'utilité de la communication confirment notre penchant.

Cependant, le système rend aussi de grands services dans nos rapports avec les choses. Il y a réellement, comme le for-

cet ordre d'idées, la déclaration à laquelle aboutit M. Painlevé dans la conclusion de son travail sur le principe d'inertie : « Si c'est une convention de dire que la terre tourne, c'est également une convention de dire qu'elle existe, et ces deux conventions se justifient par des raisons identiques » (Bull. Soc. phil., 5e année, 1905, p. 50). Ajoutons cependant que selon M. Painlevé, l'une et l'autre *convention* ont leur source uniquement dans ce qu'il appelle le « principe de causalité » et qui n'est que la conviction que les lois de la nature ne se modifient pas dans l'espace et le temps (cf. aussi *ib.*, p. 31 ss.) ; c'est donc l'énoncé que nous avons qualifié de principe de *légalité*. — M. Hermann Cohen (*Logik der reinen Erkenntniss*. Berlin, 1902, p. 379) après avoir déclaré que la matière et l'éther sont deux hypothèses équivalentes, ajoute : « C'est le préjugé de la sensation qui fait que la matière paraît moins sous l'aspect d'une hypothèse. »

1. Euripide, éd. Fix, Paris, 1855. *Phœnissæ*, p. 84 (Etéocle).

2. D'Alembert. *Discours préliminaire à l'Encyclopédie*, p. 21. — Une théorie analogue sur le rôle de l'élément social dans les conceptions du sens commun a été formulée récemment par M. Lalande (Revue philosophique, LIII, 1902, et Bulletin de la Société française de philosophie, IIIe année, 1903, p. 58 ss.).

mule M. Mach après Stuart Mill[1], des « groupes de sensations[2] » qui, s'ils n'ont pas une immutabilité absolue, évoluent cependant si peu et avec tant de lenteur que nous avons grand avantage à supposer leur persistance dans le temps et dans l'espace, c'est-à-dire l'existence d'*objets*. M. Poincaré s'exprime d'une manière analogue en les qualifiant de sensations « unies entre elles par je ne sais quel ciment indestructible et non par le hasard d'un jour[3]. »

M. Ostwald. dont la théorie, nous l'avons vu, tend à faire entièrement abstraction du concept de matière, explique que seules différentes formes de l'énergie réunies dans un seul et même espace agissent sur nos sens et nos instruments, alors qu'une énergie qui se présente séparément ne saurait affecter les uns ni les autres[4]. Il faudrait, semble-t-il, des preuves bien éclatantes pour établir une thèse de ce genre. Ce qui est certain, c'est que nos sensations se suivent de telle façon que la constitution de ce monde d'*objets* est possible. Et il est certain aussi, ainsi que nous l'avons dit, qu'une fois ce monde constitué, la prévision se trouve facilitée. En d'autres termes, sur le terrain du sens commun tout comme sur celui de la science, les conceptions créées par le principe causal (ou, si l'on veut, avec son aide) favorisent l'application du principe légal. Et comme, d'autre part, l'expérience généralisée, c'est-à-dire la légalité, concourt à la formation de la réalité du sens commun, il en résulte que, dès le début des opérations de notre entendement, les deux principes de causalité et de légalité collaborent et que leurs opérations s'enchevêtrent inextricablement, de même que plus tard dans la science.

Toutefois, comme il s'agit, dans celle-ci, de nos rapports avec les choses, les erreurs ne s'éliminent plus, et, dès que nous poussons un peu nos recherches, le monde du sens commun nous apparaît immédiatement ce qu'il est en réalité, à savoir une première et très grossière ébauche d'un système scientifique et métaphysique. En effet, dès les premiers pas, nous sommes forcés d'abandonner la supposition que les choses sont ce qu'elles nous paraissent ; et dès que nous

1. J. S. Mill. *La philosophie de Hamilton*, trad. Cazelles. Paris, 1869, p. 216.

2. E. Mach. *Die œkonomische Natur der physikalischen Forschung*, Almanach der Akademie der Wissenschaften. Vienne, 1882, p. 307.

3. H. Poincaré. *La valeur de la science*, p. 270.

4. Ostwald. *Vorlesungen*. Leipzig, 1902, p. 181.

avons fait cette première concession, nous sommes entraînés immédiatement et irrésistiblement vers la dissolution complète de cette conception qui nous paraissait d'abord si assurée. Voici un bâton. Je vois son double dans la glace, sans croire que l'image soit un bâton réel. Je le plonge dans l'eau et il m'apparaît brisé, mais aussitôt « ma raison le redresse », selon l'admirable expression de La Fontaine. Or, ma raison ne peut le faire qu'en raisonnant. Je suis donc amené à parler de réflexion et de réfraction, de rayons lumineux et d'ondulations. La lumière devient un mouvement, le bâton se résout en une nébuleuse d'atomes et le même raisonnement qui le « redressait » quand il était plongé dans l'eau, me contraint ensuite à affirmer que sa matière ou sa substance doivent persister alors que je le brûle.

Ce qu'il faut surtout remarquer ici, c'est que le même procédé qui a servi à constituer le concept du sens commun sert aussi à le dissoudre. Le *causalisme* — s'il est permis d'user de ce terme — n'est pas un privilège du savant. Il est le propre de l'homme. Il ne servirait de rien de vouloir écarter cette « métaphysique ». Hertz l'a vu clairement quand il a déclaré que « tout esprit pensant a, en cette qualité, des exigences que le savant a coutume de qualifier de métaphysiques », et quand il en a tiré cette conclusion « qu'aucun scrupule qui, de quelque façon que ce soit, fait impression sur notre esprit, ne peut être écarté par le fait qu'on le qualifie de métaphysique[1]. » Ainsi donc, cette dissolution de la réalité s'opère à la fois d'une façon irrésistible et insensible. Le sens commun n'est qu'une halte plus ou moins artificielle sur une pente constamment déclive. A partir du moment où le bâton a cessé d'être pour moi une pure sensation visuelle, évoquant la possibilité d'une sensation tactile, je ne puis plus m'arrêter, je suis poussé d'expérience en expérience et de raisonnement en raisonnement jusqu'à le faire évanouir complètement dans l'éther.

Une autre halte, également factice, sur le même chemin, est constituée par le mécanisme. Conception infiniment plus parfaite que celle du sens commun, plus conforme encore que celle-ci au postulat causal, il manifeste aussi davantage son accord avec la réalité, et par conséquent est apte à nous faire découvrir une somme de rapports bien plus grande. D'ailleurs

1. H. Hertz, *Gesammelte Werke*. Leipzig, 1895, vol. III, p. 27 ss.

le mécanisme ressemble encore en ceci au sens commun que, comme l'a admirablement senti Renouvier[1], réduisant le sensible à certains éléments, les plus abstraits de tous, tels que le mouvement, la résistance, la pénétrabilité, éléments mal déterminés sans doute, mais dont le concept ne s'en constitue pas moins d'une manière à peu près semblable chez tous les hommes, il devient par là un moyen de faciliter les communications, une sorte de « sens commun scientifique ».

Ce que nous avons exposé au sujet de la genèse des notions du sens commun nous fait comprendre mieux encore la vanité de l'effort qui tend à exclure la causalité de la science. Quel devrait être le point de départ d'une science strictement conforme au précepte de Comte et de M. Mach, c'est-à-dire uniquement inspirée par le principe de légalité, faisant abstraction, pour parler avec Renouvier, au profit d'un phénomisme absolu de toute conception substantialiste? Il faudrait apparemment partir de nos sensations car, M. Mach nous le dit lui-même : « Ce ne sont pas les choses, mais les couleurs, les sons, les pressions, les espaces, les durées (ce que nous appelons d'habitude des sensations) qui sont les véritables éléments du monde[2]. » A dire vrai, il faudrait aller plus loin encore et prendre pour point de départ ces « données immédiates de la conscience » que M. Bergson a réussi à dégager. Est-ce ainsi que procède la science? En aucune façon. Elle laisse tout d'abord complètement de côté ce problème; quand elle en parle, c'est pour en réserver la solution à une de ses branches les plus tardives et les plus complexes, la physiologie; parfois aussi pour l'écarter complètement en le déclarant d'essence métaphysique. Le point de départ de la science est au contraire uniquement dans les données du sens commun, cela est facile à constater, et d'éminents savants l'ont d'ailleurs expressément déclaré. M. Duhem estime que « nos connaissances scientifiques les plus sublimes n'ont pas, en dernière analyse, d'autre fondement que les données du sens commun[3] » et M. Mach nous avertit que « le savant, pour le travail courant (*den Handgebrauch*), ne saurait se passer des conceptions de substance les plus grossières[4]. »

1. Renouvier. *Critique philosophique*, IX, p. 349.
2. E. Mach. *La mécanique*, trad. E. Bertrand, Paris 1904, p. 451.
3. Duhem. *L'évolution de la mécanique*, p. 179.
4. Mach. *Die Principien der Waermelehre*. Leipzig. 1896, p. 420.

Le physicien en effet commence par croire aveuglément, comme n'importe quel homme, aux conceptions du sens commun. Il les modifie dans la suite, mais comment les modifie-t-il? Uniquement en procédant de réalité en réalité. Quand il a dissous le bâton en une nébuleuse d'atomes ou, si l'on veut même, d'ions électriques, ces atomes ou ces ions sont pour lui aussi *réels* que l'était le bâton; il n'a, en effet, jamais « réduit » que de substantif en substantif, d'objet en objet. A aucun moment, à moins qu'il ne s'agisse d'« erreurs d'observation », ou de phénomènes expressément qualifiés de « subjectifs », le physicien, ne fera intervenir la considération du *sujet*. A aucun moment il ne substituera, dans le cours de ses déductions, à un objet quelque chose de manifestement, de sciemment irréel[1]. « Demandez à votre imagination, s'écrie Tyndall, en parlant des hypothèses sur la nature de la lumière, si elle voudra accepter le concept d'une proportion multiple en vibration[2] » et Hartmann déclare que seuls les habitants d'un asile d'aliénés pourraient tenter des explications physiques à l'aide de concepts sciemment irréels[3].

Mais cette question nous paraît tellement importante, il nous semble à tel point essentiel qu'il ne reste, dans l'esprit du lecteur, aucun doute à ce sujet, que l'on nous permettra d'insister un peu plus longuement. Aussi bien la matière a-t-elle été admirablement élucidée par M. Duhem et, si nous ne pouvons toujours adopter les vues de l'éminent savant, du moins nous aiderons-nous constamment de son analyse.

Voici en quels termes M. Duhem décrit une expérience de physique : « Entrez dans ce laboratoire; approchez-vous de cette table qu'encombrent une foule d'appareils, une pile électrique, des fils de cuivre entourés de soie, des godets pleins de mercure, des bobines, un barreau de fer qui porte un miroir; un observateur enfonce dans de petits trous la tige métallique d'une fiche dont la tête est en ébonite; le fer oscille et, par le miroir qui lui est lié, renvoie sur une règle en cel-

1. La manière de voir que nous développons dans le texte apparaît comme l'exacte contre-partie de l'opinion de Spir, d'après laquelle la science procède de changement en changement, mais n'arrive jamais à un véritable objet (*Pensée et réalité*, p. 98-99). Cependant la divergence est, semble-t-il, dans les termes plus que dans le contenu réel des deux thèses. Mais Spir, sans doute, a été influencé par la confusion qu'il commet entre la légalité et la causalité.

2. Tyndall. *Fragments of Science*. Londres, 1871, p. 136.

3. Hartmann, *l. c.*, p. 22.



luloïd une bande lumineuse dont l'observateur suit les mouvements; voilà bien sans doute une expérience; au moyen du va-et-vient de cette tache lumineuse, ce physicien observe minutieusement les oscillations du morceau de fer. Demandez-lui maintenant ce qu'il fait; va-t-il vous répondre : J'étudie les oscillations du barreau de fer qui porte ce miroir? Non, il vous répondra qu'il mesure la résistance électrique d'une bobine. Si vous vous étonnez, si vous lui demandez quel sens ont ces mots et quel rapport ils ont avec les phénomènes qu'il a constatés, que vous avez constatés en même temps que lui, il vous répondra que votre question nécessiterait de trop longues explications et vous enverra suivre un cours d'électricité[1]. » Quiconque a la moindre notion des recherches physiques reconnaîtra immédiatement que cette description, scrupuleusement exacte, caractérise un cas tout à fait général; non seulement les expériences sur l'électricité, mais à peu près toutes les expériences de physique exécutées dans un laboratoire contemporain sont de ce type. Toutes resteraient lettre close pour l'homme qui ne serait pas au courant du chapitre spécial de la physique auquel elles se rapportent, si grande que fût la peine qu'il se donnât pour les observer. M. Duhem établit, avec beaucoup de rigueur, que l'interprétation théorique que le physicien fait subir aux phénomènes rend seule possible l'usage des instruments[2]. Il en conclut qu'entre les phénomènes réellement constatés et le résultat d'une expérience formulé par un physicien s'intercale une élaboration intellectuelle très complexe[3]. En résumé, « une expérience de physique n'est pas simplement l'observation d'un phénomène; elle est, en outre, l'interprétation théorique de ce phénomène[4] » et, comme il est impossible même de rendre compte d'une expérience de physique sans user du langage théorique[5], « l'énoncé du résultat d'une expérience implique, en général, un acte de foi en tout un ensemble de théories[6] ».

1. Duhem. *La théorie physique*. Paris, 1906, p. 234-235.

2. *Ib.*, p. 248.

3. *Ib.*, p. 247.

4. *Ib.*, p. 233.

5. *Ib.*, p. 266-267.

6. *Ib.*, p. 300. Lavoisier déjà constatait « l'impossibilité d'isoler la nomenclature de la science et la science de la nomenclature ». (*Traité élémentaire de chimie, Œuvres*. Paris, 1864, vol. I, p. 2). La *nomenclature* de Lavoisier est évidemment l'expression d'une théorie.

Pour M. Duhem, ces déductions indiquent qu'il y a une étroite solidarité entre les faits scientifiques d'un chapitre entier de la physique et même de divers chapitres. Nous croyons qu'elles nous font voir en outre à quel point le physicien est étroitement attaché au concept de *chose*. Qu'est-ce en somme qu'étudie l'électricien pendant l'expérience décrite? Il étudie un courant électrique; pour lui, ce courant et la « résistance » que lui oppose la bobine sont certainement *réels*. L'homme ignorant la physique, qui le regarde faire, n'y comprend rien. Pour lui, ce qui se passe est un phénomène qui met simplement en jeu le barreau de fer, le miroir, etc., tous *objets* du sens commun; mais comme il ignore les théories électriques, il ne peut apercevoir l'*objet* qui est en réalité le seul observé par le physicien : le courant. Et l'on voit pourquoi il est impossible d'énoncer cette expérience sans faire parler l'hypothèse : c'est que l'expérience se rapporte à une chose créée par celle-ci; et, bien entendu, l'énoncé, quand on le formulera, impliquera un acte de foi en une théorie, car il se rapportera à l'objet dont l'existence fait le fond de l'hypothèse en question ou même d'un ensemble d'hypothèses.

Dira-t-on que la théorie ne pose pas réellement l'existence de ces objets, que ce sont là simplement des termes faits pour indiquer un ensemble de phénomènes? Nous avons vu plus haut (p. 44 ss.) que l'attitude entière de la science proteste contre une supposition de ce genre. Observons d'ailleurs que cette supposition est entièrement analogue à celle que des métaphysiciens ont formulée pour nier que le sens commun comporte l'affirmation de quoi que ce soit en dehors de notre conscience (p. 332). Le courant électrique sera donc encore une « possibilité permanente de sensation ». Mais cette conception sera, dans ce cas, tout aussi insuffisante que dans le cas d'un objet du sens commun; et ce sera vouloir faire violence au sentiment profond de l'électricien, comme tout à l'heure à celui de l'homme naïf. Cachez le galvanomètre au moyen d'un écran et demandez à un électricien si le courant passe. Il croira peut-être que vous vous demandez si un interrupteur n'a pas été tourné par mégarde et vérifiera ce dernier; mais il se peut aussi qu'il ait des doutes sur le fonctionnement de ses piles et, dans ce cas, il demandera à voir le galvanomètre. Insistez : expliquez que vous lui demandez s'il croit que le courant a cessé de passer du fait seul qu'il ne peut voir le galvanomètre. Si l'homme auquel vous vous adressez n'a

aucune culture métaphysique, s'il est resté préservé du « doute philosophique » et si vous lui avez bien fait comprendre la portée de votre question (ce qui ne sera pas chose facile, tellement elle lui paraîtra bizarre), eh bien, s'il est sincère, il vous rira au nez. Le doute, dans ce cas, lui paraîtra aussi injustifié que si vous lui demandiez s'il doute de l'existence de sa femme ou de son atelier, simplement parce qu'il n'aperçoit ni l'une ni l'autre en ce moment. Sa croyance aux *objets* des deux catégories est, de toute évidence, analogue, découle de la même source. Et même le savant accessible au doute philosophique, quand, dans son laboratoire, il travaille à l'aide du courant et tant qu'il y travaille, y croit « dur comme fer », comme dit le populaire. Il est obligé d'y croire, obligé de se servir des « conceptions de substance les plus grossières », pour parler comme M. Mach. Sans doute, sa foi n'est pas absolue, ni surtout immuable, mais tel est le cas aussi pour ses croyances de sens commun, qu'il quitte quand il s'adonne à la spéculation métaphysique et reprend dès qu'il rentre dans la vie quotidienne. Les électriciens ont, de tout temps, tellement cru au courant, ils l'ont tellement *vu* qu'ils ont fini par le « matérialiser », à peu près à la manière dont un médium spirite prétend matérialiser sa pensée. Quiconque se demanderait si le courant est vraiment un objet réel, n'aurait qu'à se référer aux théories les plus récentes; ici le courant consiste en un véritable flux d'électrons; il est d'ailleurs impossible de douter que ces derniers ne soient conçus comme réels, puisque c'est eux qui constituent la matière et qui sont censés être par conséquent la source de toute réalité.

Pourtant, ce courant électrique n'est certainement, à aucun degré, un objet du sens commun ; ce terme même lui est inapplicable, puisqu'il n'est pas commun aux hommes, l'immense majorité de l'humanité l'ignorant. On pourrait, il est vrai, objecter que le cas est le même pour tout objet rare, par exemple pour une variété curieuse d'orchidée que peu de personnes ont vue; mais il suffirait, dans ce dernier cas, de la montrer à n'importe quel homme pour qu'il la voie, tandis que, s'il ne connaît rien à l'électricité, il ne pourra apercevoir le courant. Mais voici qui est plus probant. L'objet du sens commun se compose, nous l'avons vu, de sensations hypostasiées; or, nous n'avons pas de sensations spécifiques d'électricité, ne possédant point d'organe sensible à cette forme d'énergie. Un fil par lequel passe un courant de 10000 volts

ne change pas d'aspect pour nous quand on tourne le commutateur; et quand le courant ou l'étincelle passent par notre corps, tout ce que nous ressentons, c'est un ébranlement d'un genre particulier, mais un ébranlement simplement mécanique. C'est ce qui fait d'ailleurs qu'il est impossible d'énoncer quoi que ce soit concernant le courant électrique en termes du sens commun. Ou plutôt, cela n'est pas tout à fait impossible, mais extrêmement malaisé. L'électricien de M. Duhem qui envoyait le spectateur suivre un cours d'électricité, s'est contenté d'affirmer que c'est trop long à expliquer, ce qui est parfaitement exact. On est parti des données du sens commun, on peut donc à la rigueur y retourner; mais cela nécessitera quantité de périphrases. Et, qu'on le remarque bien, si l'on veut retourner à la sensation immédiate, il n'y aura pas d'autre voie que par ces concepts du sens commun, puisqu'entre le courant électrique et la sensation il n'y a aucun lien direct. Ainsi, au lieu d'une transposition simple comme pour les concepts du sens commun, nous avons une transposition double, d'abord en concepts du sens commun et ensuite, ceux-ci servant de base, en concepts de la théorie scientifique. De toute évidence la science, en progressant, tourne le dos à la sensation immédiate et nous avions raison d'affirmer qu'elle ne nous y ramène jamais. Quand elle crée du nouveau, ce sont de nouvelles réalités, de nouveaux objets.

Au surplus, il n'y a là aucune particularité mystérieuse de notre imagination. Le savant n'obéit qu'à deux principes, celui de légalité et celui de causalité. Le premier, cela est clair, ne peut servir qu'à établir des rapports entre concepts déjà préexistants. Il est donc impuissant, à lui tout seul, à modifier ces concepts; quand il en montre l'insuffisance (p. 322), il faut encore que le principe de causalité, qui les a créés, intervienne pour les modifier. Or, ce principe procède d'identité en identité, ou supposée telle; il ne peut donc remplacer un concept par un autre qui lui soit hétérogène et, par conséquent, si nous partons d'un objet considéré comme réel, nous arriverons naturellement à un objet du même genre. Sans doute, il y a quelque part, au début (ou à la fin si l'on veut), entre la sensation et l'objet une sorte de gouffre que le principe de causalité franchit allègrement; mais c'est que le saut est forcé et que, d'ailleurs, nous le faisons inconsciemment. Le travail de la science est au contraire conscient,

le savant procède à pas comptés et dont il peut à son gré réduire l'amplitude ; par conséquent tout écart, toute rupture de continuité deviendraient immédiatement apparents.

On voit à quel point est inapplicable le précepte que l'on serait tenté de donner au savant : celui de se limiter à la destruction de la réalité du sens commun, sans en créer de nouvelle. C'est qu'il a créé en détruisant, et que ce n'est qu'au profit de la réalité nouvelle qu'il a aboli l'ancienne.

On peut aussi lui conseiller d'abolir, d'emblée et par décret pour ainsi dire, toute réalité. En effet, pour sortir du sens commun, il y a une autre voie encore que celle de la pensée scientifique : c'est la voie de la pensée métaphysique. Le physicien, pour peu qu'il professe en philosophie des opinions idéalistes, n'aura en apparence aucune difficulté à produire en lui cette abolition ; mais en apparence seulement. Le solipsiste le plus déterminé, quand il ouvre les yeux le matin, *voit* la matière et la *touche* quand il étend la main. C'est que cette « métaphysique » se fait en nous, sans notre aveu, instantanément, irrésistiblement, au point que nous croyons à une simple réception passive de nos sens là où il y a en réalité un travail très compliqué de notre cerveau. « Je sais, dit Reid, que cette croyance (à la réalité du monde extérieur) n'est pas l'effet de l'argumentation et du raisonnement, elle est l'effet immédiat de ma constitution[1]. » Et avant ce « philosophe du sens commun » comme on l'a appelé, un métaphysicien qui faisait profession d'opinions diamétralement opposées, le plus extrême pyrrhonien peut-être qu'ait connu l'histoire de la philosophie moderne, Huet, l'évêque d'Avranches, écrivait : « Lorsqu'il s'agit de conduire sa vie, de s'acquitter de ses devoirs, nous cessons d'être philosophes, d'être douteux, incertains, nous devenons idiots, simples, crédules, nous appelons les choses par leurs noms[2]... »

Sans doute, Huet entendait simplement que nous avons besoin du sens commun pour agir. Mais la prodigieuse facilité avec laquelle s'opère le retour des concepts du sens commun que nous croyions abolis, montre que cette abolition n'a été qu'apparente, que nous ne nous en étions pas entièrement

1. T. Reid. *Works*, éd. Hamilton, Edimbourg, 1846. *Of the Human Mind*, p. 183.

2. Huet. *Traité philosophique de la faiblesse de l'esprit humain*. Amsterdam, 1723, p. 242.



affranchis, que nous étions toujours dominés par le besoin « métaphysique[1]. »

Bien entendu, selon la théorie du sens commun que nous avons exposée plus haut, ce besoin non plus n'a rien de mystérieux ni de primordial. C'est simplement une expression de la tendance à voir nos sensations persister dans le temps. Or, elles varient sans cesse ; et cela nous paraît déraisonnable. Il *faut* qu'elles demeurent, et comme elles ne peuvent demeurer en nous, nous les logeons au dehors, nous créons peut-être même le dehors pour les y loger. Que si maintenant, par l'intervention de la science, cette première série d'objets créés est démontrée contradictoire, inexistante, il nous faut aussitôt en créer d'autres. En effet, nos sensations ne peuvent pas subsister par elles-mêmes, indépendamment, car leur variation dans le temps serait sans cause ; il *faut* donc créer cette cause, cause permanente, et si ce ne peuvent être les objets doués de qualités du sens commun, ce seront les atomes et les électrons. C'est là ce qui achève de nous convaincre que le savant ne pourra jamais se dégager de l'*objet*, qu'il ne pourra que remplacer une réalité par une autre, un peu moins illogique, mais tout aussi chimérique au fond et destinée d'ailleurs à sombrer à son tour dans l'abîme de l'éther ou plutôt de l'espace non-différencié.

Que si, au contraire, le savant arrête ses déductions causales ou qu'il les écarte complètement de la science, il en résultera tout simplement que la conception du sens commun restera debout, conception tout aussi métaphysique que n'importe quelle autre, mais dont, en outre, l'inconsistance complète éclate au moindre raisonnement scientifique. Retranchons toute hypothèse atomique et mécanique d'un chapitre déterminé de la science. Il reste des lois, c'est-à-dire l'énoncé de rapports, non pas entre des phénomènes de notre conscience, mais entre des objets matériels, c'est-à-dire entre des images causales. Nous n'aurons donc absolument rien gagné, au point de vue philosophique, à éliminer la « métaphysique » des théories, ni à donner à ces dernières, par des artifices plus ou moins compliqués, une forme telle que leur contenu méta-

1. Hartmann (*l. c.*, p. 14 ss.) constate malicieusement avec quelle déplorable aisance les philosophes idéalistes, même au cours de leurs raisonnements en apparence les plus abstraits, retombent dans le réalisme naïf.



physique, l'hypothèse sur la nature de la réalité, soit pour ainsi dire oblitéré[1].

Quant à nous abstenir de *toute* métaphysique, c'est là une prétention tout à fait vaine. La métaphysique pénètre la science tout entière, pour la raison bien simple qu'elle est contenue dans son point de départ. Nous ne pouvons même pas la cantonner dans un domaine précis. « *Primum vivere, deinde philosophari* » semble être un précepte dicté par la sagesse. C'est en réalité une règle chimérique, à peu près aussi inapplicable que si l'on nous conseillait de nous affranchir de la force de gravitation. *Vivere est philosophari.*

Il résulte de ce qui précède que nous n'apercevons pas, entre le sens commun et la science, la grande différence qu'on a voulu y voir parfois. Nous croyons à la lettre, comme M. Le Roy lui-même l'avait autrefois formulé, que la science correspond à la même attitude que le sens commun[2]. Quand ce philosophe nous dit que le savant *fait* les faits scientifiques et non pas les faits bruts[3], nous sommes également d'accord, puisque le fait scientifique nous apparaît comme se rapportant à un objet que le savant a créé. Mais c'est à condition que l'on nous accorde qu'en le faisant, il a suivi exactement le même procédé que le sens commun a employé pour créer le fait brut. Quand M. Le Roy affirme[4] qu'il y a dans le phénomène de l'éclipse deux faits, un fait du sens commun et un fait du savant, nous demandons à nous expliquer. Ce qu'il y a tout d'abord dans le phénomène de l'éclipse, c'est une série de « données immédiates de la conscience » selon M. Bergson, infiniment difficiles à atteindre, parce que notre conscience les transforme instantanément, infiniment difficiles aussi à exposer, parce que le langage tout entier a été fait en vue des « réalités » créées par le sens commun et les théories scientifiques. Mais ce qui est certain, c'est que ces données immédiates ne contiennent que des états subjectifs et rien qui ressemble à un fait extérieur. Le fait extérieur, le fait brut naît

1. Hartmann, entre autres, a fort bien démêlé que ce qu'on décore généralement du nom de *positivisme* n'est, au point de vue métaphysique, qu'un réalisme naïf à peine transformé (*l. c.*, p. 55).

2. E. Le Roy. *Science et Philosophie*. Revue de métaphysique, VII, 1899, p. 511.

3. Id. *La science positive et la liberté*. Congrès de philosophie de 1900. vol. I, p. 333.

4. Id. Bulletin de la société française de philosophie. 1901, p. 17.

avec le sens commun. Mais aussitôt né, il est attaqué par la critique scientifique. Ou plutôt fait brut et fait scientifique ne font qu'un, il n'y a entre les deux nulle solution de continuité. Quand je regarde le soleil qui va être éclipsé, qu'est-ce que je *vois*? Est-ce une tache brillante et plane ou quelque chose de convexe? Il n'est pas bien aisé de le dire. Il est à peu près sûr que nos ancêtres voyaient la tache plane; mais on nous a, depuis notre enfance, tellement répété qu'il y avait là une sphère que nous croyons la voir ; et très certainement l'astronome qui regarde le soleil tous les jours, qui voit les taches se déplacer et changer d'aspect suivant leur situation, à mesure que le soleil tourne, *voit* le soleil comme une sphère. Il le voit mieux encore pour la lune qui est plus près de nous et dont le relief est bien plus accusé et l'on ne saurait douter que, s'il est habitué à la voir, au télescope, comme un corps sphérique, il la *voit* telle aussi quand il la regarde à l'œil nu et qu'il ne peut plus avoir la vision d'une tache plane; de même que nous croyons voir un homme dans l'obscurité, mais sommes incapables de l'apercevoir de nouveau quand nous avons acquis la conviction qu'il n'y avait là qu'un arbre[1]. Pour le ciel, certainement, nous sommes à peu près incapables de *voir* la voûte de cristal de nos ancêtres. Cette expression qui désignait pour eux une réalité, quelque chose qu'ils croyaient apercevoir, est pour nous une pure métaphore; en dirigeant nos regards vers le ciel, nous ne découvrons pour ainsi dire plus de fond, nous avons l'impression de plonger du regard dans l'espace infini, sans limite. Tous ces faits dérivent d'ailleurs, sans aucun doute, de cette constatation fondamentale que nous avons formulée tout à l'heure, à savoir que le souvenir *généralisé*, c'est-à-dire notre *savoir*, entre dans notre perception, est une partie constitutive de celle-ci. M. Le Roy concède qu'il n'y a pas, entre le sens commun et la science, de limite précise, qu'il existe entre eux, dans l'intervalle, une zone trouble[2]. C'est là, à notre avis, une

1. Helmholtz (*Vortræge und Reden*, 4e éd., Brunswick, 1896, p. 111) raconte qu'étant enfant il voyait, en passant à côté d'une tour, de petites poupées sur la galerie supérieure et qu'un jour il avait demandé à sa mère d'étendre le bras pour en prendre quelques-unes. « Plus tard, ajoute-t-il, j'ai bien souvent dirigé mes regards vers la galerie de cette tour, quand il y avait là des hommes, mais ceux-ci ne voulaient plus se transformer, pour mon œil plus exercé, en jolies poupées. » C'est un excellent exemple de l'impossibilité du retour à la perception primitive, quand celle-ci a été modifiée par un savoir acquis ultérieurement.

1. E. Le Roy. Bull. soc. phil., 1901, p. 20.



concession insuffisante, nous supposons une continuité absolue, le sens commun n'étant qu'un système scientifique et métaphysique et se transformant sous l'influence de la science, avec beaucoup plus de lenteur pourtant que les théories scientifiques proprement dites.

Notre conception se rapproche bien davantage de celle de M. Duhem à qui, surtout au commencement de cet exposé, nous avons fait de si larges emprunts. Cependant, nous ne sommes pas bien sûr d'avoir compris la différence que l'éminent savant établit entre le sens commun et les théories scientifiques. M. Duhem compare un officier de marine donnant, en langage technique, un ordre à sès matelots et un physicien parlant de piles, de pressions et de force électromotrice, et fait ressortir que les commandements de l'officier répondent, dans l'esprit de ses hommes, à des actes déterminés à accomplir, tandis que l'énoncé du physicien peut être réalisé d'une infinité de manières différentes[1]. Mais le physicien, à son tour, ne peut-il pas parler d'une manière moins générale, plus définie? Et l'officier de marine ne peut-il s'exprimer en termes plus généraux, de façon à indiquer seulement le but à atteindre? Quand un capitaine, avant d'entrer au port, indique au pilote la partie du bassin où il voudrait s'amarrer, le pilote n'a-t-il pas le choix des mouvements, des manœuvres, infiniment variés, par lesquels il peut atteindre le mouillage désiré? Et puis, l'ordre même de l'officier, à y regarder de près, laisse un champ infini à l'indétermination. Le matelot sait bien qu'il doit tirer sur telle corde; mais, pour ce faire, il peut placer la jambe gauche avant la droite ou inversement, et ainsi de suite; en un mot il a le choix entre une multitude véritablement infinie de mouvements divers et qui n'auront de commun, tout comme les diverses opérations du physicien répondant au même énoncé, que d'amener un résultat considéré comme identique. M. Duhem s'est, à notre avis, approché davantage de la réalité en opposant les abstractions spontanées du sens commun aux abstractions lentes, compliquées, conscientes, des théories physiques[2]. C'est là, croyons-nous, la véritable différence; le sens commun agit inconsciemment, et même là où il a été modifié par la science (comme dans le cas de la lune que l'as-

1. Duhem, *l. c.*, p. 210.
2. *Ib.*, p. 272.

tronome voit convexe), son action est instantanée ; d'autre part, il agit à peu près identiquement chez l'immense majorité des hommes : ainsi ses décrets, par suite de leur spontanéité et du consentement général dont ils bénéficient, paraissent acquérir une certitude supérieure. Mais, en réalité, ils sont de même nature, engendrés par le même procédé que ceux de la science.

CHAPITRE XII

CONCLUSIONS

Des pages qui précèdent se dégage, semble-t-il, avant tout cette conclusion : il n'est pas exact que la science ait pour but unique l'action, ni qu'elle soit uniquement gouvernée par le souci de l'économie dans cette action. La science veut aussi nous faire *comprendre* la nature. Elle tend réellement, selon l'expression de M. Le Roy, à la « rationalisation progressive du réel[1] ».

Elle a bien été édifiée avec la quasi-certitude que la nature est ordonnée, mais aussi avec l'espoir tenace qu'elle se montrera intelligible. Dans chaque chapitre de la science ces deux principes ont été appliqués simultanément et continuent de l'être. Leur action s'enchevêtre irrémédiablement, parce qu'ils se passent et repassent leurs acquisitions : Non seulement, comme on l'a dit, les faits empiriques servent à édifier des théories lesquelles font découvrir de nouveaux faits, mais encore des considérations sur la conservation, sur l'identité, interviennent à chaque pas dans la science légale, empirique, laquelle est, en dépit de l'apparence, saturée de ces éléments aprioriques.

Que serait-il arrivé si dans le passé l'humanité avait, par impossible, adopté les points de vue de Berkeley et de Comte et considéré qu'il n'y a pas de cause au delà de la loi ou qu'il faut s'abstenir de la chercher? Le grand philosophe idéaliste s'est prudemment abstenu de formuler des applications de son principe. Mais Auguste Comte s'est expliqué avec plus de précision. Dès lors il a loué Fourrier pour avoir traité de la chaleur sans s'occuper de savoir si elle était matière ou mou-

1. E. Le Roy. *Science et Philosophie*. Revue de métaphysique, VII, 1899, p. 534.

vement[1]; nié que la théorie de l'ondulation ou aucune autre puisse jamais présenter « une utilité réelle pour guider notre esprit dans l'étude effective de l'optique[2] »; considéré que les « prétendues interférences optiques ou les croisements analogues en acoustique » étaient « des phénomènes essentiellement subjectifs », l'opinion contraire des physiciens constituant « une grave illusion »[3]; affirmé que toute assimilation entre la lumière, le son ou le mouvement sera toujours une « supposition arbitraire[4] »; condamné en général comme dues « à la prépondérance prolongée de l'ancien esprit philosophique », toutes les tendances visant à établir des rapports entre ce que nous appelons à l'heure actuelle les diverses formes de l'énergie[5]. Il est d'ailleurs facile de se rendre compte que ces erreurs du fondateur du positivisme ne sont nullement accidentelles. On peut, en partant du concept utilitaire de la science, nous l'avons vu au chapitre Ier, justifier à la rigueur les hypothèses explicatives. Cependant, la prédilection dont les physiciens font preuve pour les conceptions atomiques devient difficilement explicable ; et l'on voit ainsi

1. A. COMTE. *Cours de philosophie positive*, 4e éd. Paris, 1877, vol. I, p. 18.

2. *Ib.*, vol. II, p. 342-453.

3. COMTE. *Politique positive*, vol. I, p. 531. La date à laquelle il exprime cette opinion (1851) ne la rend que plus curieuse.

4. *Ib.*, vol. II, p. 445. Il a maintenu cette opinion en 1851, cf. *Politique positive*, vol. I, p. 528 ; « Six branches irréductibles » de la physique, « peut-être sept ».

5. *Ib.*, vol. III, p. 152. Il est au moins probable que d'autres erreurs de Comte se rattachent, un peu moins directement, à la même tendance ; telles, son opinion sur la théorie de la variabilité des espèces de Lamarck qu'il qualifie « d'hypothèse irrationnelle ». (*Pol. pos.* vol. I, p. 665) ; son enthousiasme pour les médiocres conceptions d'un Gall (*Cours*. vol. III, p. 513, 534-587), enthousiasme dont, même vers la fin de sa vie, il n'est revenu que très partiellement (cf. *Pol. pos*, I. p. 669 ss.) ; son hostilité envers la chimie organique qui lui apparaissait comme un « assemblage hétérogène et factice » qu'il fallait « détruire » (*Cours*, III, p. 174) et contre laquelle il renouvelait ses attaques encore en 1851 (*Pol. pos.* I, p. 550), c'est-à-dire plus de vingt ans après la synthèse de Wœhler (1828), postérieurement à la découverte des ammoniaques composés par Wurtz (1849) et à la veille même de l'apparition de la théorie des types de Gerhardt (1853) ; enfin son peu de compréhension pour le développement de la chimie générale, à laquelle il voulait imposer une théorie bizarre de composition binaire (*Cours* III, p. 81 ss., VI, p. 641), théorie qui n'était probablement qu'une généralisation maladroite des conceptions de Berzélius que les chimistes, vers cette époque, abandonnaient de plus en plus ; ce qui fait que Comte, constatant le peu de succès de sa théorie, les accusa d' « esprit métaphysique ». (*Pol. pos.* I, p. 551.)

que les anathèmes de Comte contre la théorie de l'ondulation, etc., tiennent réellement au fond de sa doctrine.

Les principes du positivisme ou, en tout cas, des principes analogues ont été depuis, du moins en apparence, adoptés par nombre de savants qui souvent ont tenu à protester, comme Comte, contre les théories atomiques; mais en réalité, et en dépit de l'appui qu'a apporté à cette tendance la grande et légitime autorité de M. Mach, elle reste aujourd'hui, comme elle l'a été dans le courant du XIX[e] siècle, sans la moindre influence sur la marche de la science. Les savants du commencement du XX[e] siècle continuent à édifier des théories atomiques tout comme l'ont fait leurs prédécesseurs. Tous sans doute ne croient pas à la vérité des théories qu'ils imaginent ou qu'ils suivent; mais tous croient à leur utilité. Ils y voient, faute de mieux, un instrument de recherche de grande valeur, une « hypothèse de travail ». C'est un rôle extrêmement important. Bacon a cru que l'on pouvait parvenir à des découvertes scientifiques par des procédés d'induction pour ainsi dire mécaniques; il s'est donné infiniment de peine pour élaborer des schémas très détaillés dont l'emploi devait laisser « peu d'avantage à la pénétration et à la vigueur des esprits », les rendant au contraire « tous presque égaux[1] ». Que certaines règles dont Bacon a précisé l'énoncé (comme par exemple celle des variations concomitantes) soient utiles dans les raisonnements scientifiques, cela est incontestable; mais ses schémas, on peut hardiment l'affirmer, n'ont jamais été employés d'une manière suivie par un savant digne de ce nom, et en tout cas aucune découverte scientifique, grande ou petite, n'est due à leur application[2].

1. BACON. *Novum organon*, l. I[er], Aph. 61. — Il est très curieux d'observer que, tout comme Comte et évidemment pour des raisons analogues, Bacon s'est étrangement trompé dans son jugement sur de grandes conquêtes de la science. Ainsi il a vivement blâmé Copernic (*Glob. int.*, cap. VI), et Gilbert, dont les travaux sur l'électricité sont un véritable monument de l'esprit scientifique le plus pur, était sa bête noire (*Novum org.*, I, § 54, II, Aph. 48). — Bien entendu nous ne pensons nullement à attribuer à Aug. Comte, en cette question, des opinions analogues à celles de Bacon. Au contraire, Comte a constamment insisté sur la nécessité de l'hypothèse; l'empirisme absolu, d'après lui, est « non seulement tout à fait stérile, mais même radicalement impossible à notre intelligence » (*Cours*, vol. VI, p. 471). Il n'a protesté que contre les hypothèses qualifiées par lui de « métaphysiques ». Mais cette attitude, quoique moins absolue que celle de Bacon, a suffi pour l'entraîner à des erreurs du même genre.

2. M. ROSENBERGER, *Geschichte*, II p. 191, constate le peu d'influence réelle de Bacon sur la marche de la science. Boyle semble s'être quelquefois

On ne peut, semble-t-il, mieux réfuter les opinions de Bacon qu'en citant celles de trois hommes éminents qui comptent parmi les créateurs de cette science éminemment expérimentale qu'était la chimie de la fin du XVIIIe et de la première moitié du XIXe siècle. « Pour tenter une expérience, dit Berthollet, il faut avoir un but, être guidé par une hypothèse [1]. » Humphry Davy affirme que « ce n'est qu'en formant des théories et en les comparant aux faits que nous pouvons espérer découvrir le vrai système de la nature [2] ». Et Liebig, après avoir déclaré qu'entre des expériences dans le sens de Bacon et de véritables recherches scientifiques il y a « le même rapport qu'entre le bruit qu'un enfant produit en frappant sur des timbales et la musique [3] », fait ressortir que c'est au contraire l'imagination scientifique qui joue dans les découvertes le rôle le plus considérable et que l'expérience, tout comme le calcul, ne sert qu'à aider le processus de la pensée.

Parmi nos contemporains, M. Poincaré, dans son rapport au Congrès international de Physique de 1900, a exposé que, vouloir expérimenter sans idée préconçue, serait rendre toute expérience stérile et qu'il est d'ailleurs impossible de se débarrasser d'idées de ce genre [4], et M. Duhem a démontré l'étroite dépendance dans laquelle les expériences se trouvent à l'égard des théories scientifiques [5], et fait ressortir l'impossibilité du fameux *experimentum crucis* qui joue un si grand rôle dans la théorie baconienne [6].

Pour ces « hypothèses de travail », le seul point de vue qui intéresse directement le savant, c'est leur fertilité, leur aptitude à lui faire découvrir, entre les phénomènes, des rapports qu'il ne soupçonnait point. Quelles suppositions ont jamais égalé à ce point de vue l'utilité des hypothèses mécaniques? Dans le domaine entier de la science, qu'elles remplissent,

laissé tenter d'appliquer non pas véritablement les schémas de Bacon (c'eût été probablement impossible) mais quelques-uns de ses principes. M. Rosenberger pense que cette circonstance a été cause que la découverte de la loi de Mariotte, dont il avait en main toutes les données expérimentales, lui ait finalement échappé.

1. Berthollet. *Essai de statique chimique*. Paris, 1803, p. 5.

2. *Encyclopædia Britannica*, article *Davy*, p. 847.

3. Liebig. *Reden und Abhandlungen*. Leipzig, 1874, p. 249.

4. Congrès international de physique, vol. I, p. 3.

5. Duhem. *La théorie physique*, p. 300, cf. plus haut p. 343 ss.

6. Id. *La théorie physique*, p. 308.

elles ont fait et font pousser sans cesse une moisson prodigieuse de découvertes de la plus haute valeur. Là même où les savants ne croient d'abord qu'à une similitude tout à fait superficielle, des recherches subséquentes font découvrir quelquefois, de la manière la plus inattendue, une analogie plus profonde. Que l'on se rappelle avec quel scepticisme fut accueillie d'abord l'hypothèse de Kékulé sur la structure des composés de carbone et la position des atomes dans la molécule ; alors même qu'il était démontré que cette représentation expliquait admirablement une immense série de phénomènes qui constituaient jusque-là une sorte de brousse impénétrable, elle paraissait à beaucoup intolérablement grossière. Et pourtant quelle étonnante extension et vérification à la fois de ces théories, que les découvertes de MM. Le Bel et Van't Hoff sur l'atome de carbone dissymétrique[1] ! Qui ne serait émerveillé de voir le rôle des hypothèses atomiques dans les récents progrès de l'électricité et comment, par les travaux de M. Svante Arrhénius, la chimie vient s'y rattacher ? Et n'est-il pas surprenant de constater que la plupart des phénomènes irréversibles qui pourtant, par leur essence, semblent échapper aux explications causales, paraissent pour ainsi dire calqués sur un phénomène mécanique, le frottement, au point que les physiciens soient arrivés à la conviction qu'il y a là plus qu'une simple analogie, quelque chose qui révèle la nature intime de ces phénomènes[2]. Nous venons de citer uniquement des exemples récents, presque contemporains, mais il y en avait autant dans le passé, témoin, pour ne mentionner que ce cas illustre, les prévisions si brillamment réalisées qu'on avait déduites de la théorie de Fresnel[3].

De même l'histoire des sciences nous montre que, grâce aux conceptions atomiques, l'humanité a réellement pressenti certaines vérités scientifiques importantes, qu'elle a développé une sorte de prescience. Quand les atomistes grecs affirmaient que l'air comme tout autre corps devait être com-

1. M. Van't Hoff a rappelé, avec un juste orgueil, que M. Emile Fischer, dans ses recherches qui ont abouti à la synthèse du glucose, était guidé par des considérations sur la stéréochimie (*Revue générale des sciences*, V, 1894, p. 272). On sait d'ailleurs que cette théorie a été appliquée récemment aussi à l'azote pentavalent et à l'étain et au soufre quadrivalents.

2. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, p. 208.

3. Cf. Duhem. *La théorie physique*, p. 43.

posé de parties discrètes, c'était pure conception apriorique ; aucun fait connu à l'époque ne confirmait cette opinion, tout, au contraire, semblait démontrer que l'air était un continu. Or, nous pouvons maintenant établir expérimentalement que cette dernière opinion est insoutenable, que les gaz ont réellement une *structure*, sont discontinus[1]. De même les chimistes du XIX[e] siècle en s'attachant, par un espoir tenace, à l'hypothèse de l'unité de la matière, allaient à l'encontre des faits expérimentaux les mieux établis et qui formaient la base même de leur propre doctrine. Cependant, voici que les phénomènes se rapportant aux rayons cathodiques, à la matière radiante, etc., tendent à fournir à cette hypothèse un fondement expérimental. Ce qui s'est passé à propos de la réversibilité des réactions chimiques rentre dans le même ordre d'idées. Il est certain (les idées de Berthollet étant restées à ce point de vue à peu près sans influence sur la marche de la science) que cette notion était tout à fait étrangère à l'esprit d'un chimiste, vers le milieu du XIX[e] siècle ; et rien n'était moins justifié à ce point de vue que l'emploi du signe d'égalité pour réunir les deux termes de ce qu'on appelle une « équation chimique » (p. 205 ss.). Ce signe, manifestation palpable de la tendance causale, exprimait un postulat ou, si l'on veut, un espoir qui, à la lumière des théories alors régnantes, était irréalisable ou plutôt absurde, puisqu'il était entendu que les deux côtés de l'équation indiquaient l'un l'état initial et l'autre l'état final du phénomène, qui devait toujours se passer dans le même sens, sans aucun espoir de retour. Il n'en est que plus étonnant de constater que cet espoir quasi-chimérique s'est, dans une certaine mesure, réalisé : les réactions chimiques nous apparaissent aujourd'hui comme généralement réversibles et nous pouvons alors réellement remplacer le signe d'égalité dont le sens a été faussé, par les deux flèches de M. Van't Hoff.

Mais le phénomène le plus frappant, le plus merveilleux dans cet ordre d'idées, c'est l'existence des principes de conservation. En vertu de la tendance causale, l'humanité les avait pressentis ; elle avait formé le concept de l'atome-substance bien avant toute expérience sur la conservation de la matière et concevait vaguement des systèmes mécaniques impliquant la persistance du mouvement, avant l'inertie et

1. Cf. O. Reynolds. Proceedings of the Royal Society, vol. XXVIII, 6 février 1879.

la conservation de l'énergie. C'est au point que si, d'un côté, ces principes paraissent simplement formuler un savoir que l'humanité aurait possédé de tout temps, de l'autre ils dépassent pour ainsi dire les limites mêmes de l'espoir qu'on était en droit de concevoir. Ainsi la chaleur et la lumière auraient bien pu être des mouvements, conformément au postulat du mécanisme universel, sans qu'il fût possible de convertir ces mouvements des particules en mouvements de masse, ou vice versa. C'était là à peu près la conception de Leibniz et de Huygens et en général de la plupart des physiciens mécanistes, avant l'établissement de la conservation de l'énergie. Cette dernière découverte constitue une confirmation proprement inattendue. De même, le mécaniste le plus déterminé n'eût osé espérer au XIXe siècle, avant les travaux de M. Gouy, que l'on parviendrait à rendre directement visible, par ses effets mécaniques les plus immédiats, l'agitation des molécules.

Ces concordances surprenantes n'ont pas été sans attirer l'attention des penseurs. Nous avons vu (chap. II, p. 81) que Cournot, en constatant la pérennité des théories atomiques, en avait conclu qu'il était possible que ses inventeurs fussent « tombés de prime abord sur la clef même des phénomènes naturels ». D'autres fois, il croit pouvoir inférer de la conservation du poids de la matière que l'idée de substance n'est pas seulement une abstraction logique, mais qu'elle « a son fondement dans l'essence des corps[1] ». On peut citer, chez nombre de physiciens contemporains, de ces remarques par lesquelles ils expriment leur étonnement de la concordance entre les conceptions de l'esprit et les résultats des recherches expérimentales. L'observation de M. Poincaré sur les phénomènes irréversibles, que nous avons citée plus haut, appartient déjà à cet ordre d'idées. Une autre fois, cet éminent théoricien s'émerveille à bon droit de l'analogie surprenante entre l'oscillation électrique et le mouvement du pendule[2]. Boltzmann constate que « toutes les conséquences de la théorie mécanique de la chaleur, même celles appartenant aux domaines les plus disparates, ont été confirmées par l'expérience; on peut même dire qu'elles concordaient étrangement, jusque dans leurs nuances les plus fines, avec le pouls de la

1. COURNOT. *Traité de l'enchaînement*. Paris. 1861, p. 157.

2. H. POINCARÉ. *La science et l'hypothèse*, p. 191.

nature[1] ». Hertz, au début de sa mécanique, déclare que d'une manière générale, pour que nous puissions nous former des images des choses, il faut que les conséquences logiques de ces images soient encore des images des conséquences que les choses produisent réellement dans la nature. Il faut donc qu'il y ait des concordances entre la nature et notre esprit[2].

C'est par conséquent à tort que tout à l'heure nous avons traité les hypothèses causales de simple instrument de recherche, d'hypothèses « de travail ». Elles sont plus qu'un échafaudage destiné à disparaître quand l'édifice est construit, elles ont leur valeur propre, elles correspondent certainement à quelque chose de très profond et de très essentiel dans la nature même.

Ainsi, et cela est très important à constater, l'accord entre les postulats de notre esprit et les phénomènes dépasse la légalité pure. La nature ne se montre pas seulement ordonnée, mais aussi, jusqu'à un certain point, réellement intelligible. C'est un point de vue qui a été parfois méconnu. Spir lui-même, quoiqu'il ait sur bien des points reconnu clairement l'action du principe d'identité dans la science et qu'il en ait déduit l'atomisme et les principes de conservation, a insisté d'autre part sur le fait que l'ordre des phénomènes seul, et non pas un objet réel, ni une pluralité d'objets, reste immuable dans le monde et que l'explication scientifique aura atteint son dernier but par la détermination des lois[3].

On a quelquefois affecté de voir dans l'atomisme de la science contemporaine une sorte d'accident historique ; c'est assurément une erreur, l'atomisme tient au plus profond de notre esprit. Il est certain que les concordances que nous découvrons entre ces théories et les résultats des expériences fortifient la prise qu'elles ont sur nous ; mais notre foi ne repose pas exclusivement sur cet accord, elle lui est antérieure. Si on le méconnaît, on est amené à nier toute analogie entre les théories atomiques modernes et celle des anciens,

1. Boltzmann. *Ueber die Unentbehrlickkeit der Atomistik*, Wiedemann's Annalen. vol, LX, 1897, p. 243. Cf. aussi Id. *Leçons sur la théorie des gaz*, trad. Galotti et Bénard, IIe partie. Paris, 1905, p. VIII.

2. H. Hertz. *Gesammelte Werke*. Leipzig, 1895, vol. I, p. 1.

3. Spir, *l. c.*, p. 225, 271. C'est probablement parce qu'il croyait que ces déductions pouvaient être complètes, qu'il n'y entrait que des éléments aprioriques, que, la confirmation par l'expérience lui paraissant inutile, l'accord entre celle-ci et notre raison ne le frappait pas.

car quels sont les faits que pouvaient faire valoir les Jaïnas ou Démocrite ? Or, cette analogie est au contraire flagrante.

On peut même se demander si, à tout prendre, notre foi peut être plus forte que celle de ces anciens. Car nous voyons aussi des difficultés, des contradictions qu'ils ignoraient. D'après Lucrèce, les corps durs tels que le diamant, le roc, contiennent des atomes entrelacés, ceux des liquides sont ronds, alors que la fumée et la flamme sont composées d'atomes pointus, mais pas recourbés. Le lait et le miel ont des atomes ronds et polis, ceux de l'absinthe sont au contraire crochus ; de même les images plaisantes se transmettent par des atomes polis et les blessantes par des atomes présentant des aspérités[1]. Encore au XVII[e] et au XVIII[e] siècle les physiciens et chimistes avancent des théories mécaniques qui nous paraissent stupéfiantes de hardiesse. Pour Lémery les acides sont composés de particules pointues[2], pour Boyle, les particules de l'air sont de petits ressorts[3], Boerhaave assimile les divers organes du corps humain à des pompes, des ressorts, des cribles[4]. Nous sommes, hélas ! fort loin de pouvoir présenter des explications aussi simples et aussi claires ; et nous sommes aussi forcés quelquefois de relever des désaccords. En effet, la concordance entre le rationnel et le réel ne saurait être complète. Si surprenant qu'il soit de constater qu'à l'aide de la méthode « statistique », les phénomènes irréversibles sont dans une certaine mesure explicables par le mécanisme (c'est là encore un exemple de ces concordances que nous venons de signaler), cette constatation n'a pas la portée qu'on est tenté de lui attribuer. Cette explication, en effet, fût-elle complète, ne nous satisferait pas. Car le mécanisme n'a pas de vertu explicative propre, il la tire tout entière du fait qu'il est une formule causale, qu'il est fondé sur l'identité. Or, nous ne pouvons, cela n'est pas douteux, satisfaire complètement notre tendance causale, notre besoin d'identité, car ce qu'il postule en dernier lieu, c'est l'anéantissement du phénomène.

D'ailleurs, si la concordance était complète, si la nature était, en effet, entièrement explicable, intelligible, elle devrait

1. Lucrèce, l. II, v. 388 ss.

2. DUHEM. *Le mixte*, p. 20. — Cf. KOPP. *Geschichte*, vol. III, p. 31.

3. *Ib.*, p. 28.

4. DASTRE. *La vie et la mort*, p. 32.

pouvoir se construire *a priori*. Car le terme intelligible ne saurait signifier autre chose que *réductible à des éléments purement rationnels*. Cela n'impliquerait pas, est-il besoin de le dire, l'impossibilité du progrès dans la connaissance de la nature. L'humanité a attendu des siècles qu'on lui révélât certaines propriétés du cercle et de l'ellipse lesquelles pourtant, nous le savons, étaient implicitement contenues dans la définition de ces courbes, puisque nous pouvons les en déduire par des syllogismes et à l'aide d'un petit nombre de postulats et d'axiomes reconnus valables de tout temps. Mais pour le cercle et l'ellipse nous ne nous servons pas d'expériences. Que viendraient-elles faire ici, puisqu'il s'agit de déduction purement rationnelle? Qu'il fût possible de procéder de même pour la nature, d'arriver à la connaître par pure déduction, de fort grands esprits, certes, l'ont pensé. Probablement beaucoup d'entre les anciens atomistes étaient de cet avis. Descartes semble l'avoir cru aussi. Il réclame hautement pour les principes énoncés par lui une certitude absolue et se fait fort d'en déduire la nature entière. Sans doute, son puissant instinct scientifique lui suggérait qu'il n'était pas possible de se passer complètement d'expériences. Aussi leur a-t-il fait une petite place dans son système; mais c'est par une sorte d'illogisme qu'il les y introduit. Il affirme qu'en approchant de la réalité on trouvera que, des principes posés par lui, découlent des conséquences multiples; et alors l'expérience décidera lesquelles d'entre ces conséquences se réalisent[1]. Mais si principes et déductions doivent être entièrement rationnels, on ne voit pas comment, de syllogisme en syllogisme, le tout ne s'enchaîne point d'une manière absolument unique, rigoureuse, ne laissant aucune place au choix, et, par conséquent, à l'expérience. Après lui Spinoza, partant des principes cartésiens et procédant avec cette logique impitoyable et cette « ivresse métaphysique » qui étaient le propre de cet esprit prodigieux, énonce cette formule, l'expression la plus absolue du postulat d'intelligibilité : « L'ordre et la suite des idées sont les mêmes que l'ordre et la suite des choses[2] » ; il démontre cette proposition en se servant d'un « axiome » qui assi-

1. Descartes. *Discours de la méthode*. Paris, s. d., p. 45 ss.

2. Spinoza. *Ethique*, IIe partie, prop. 7. « *Ordo et connexio idearum idem est ac ordo et connexio rerum.* » Cela était incontestablement dans la logique du cartésianisme, mais, bien entendu, nous n'entendons pas affirmer que Spinoza n'ait pas puisé à d'autres sources. Giordano Bruno

mile l'effet à la conséquence nécessaire, logique. Mais Spinoza, qui connaissait les mathématiques, n'était pas physicien et s'est prudemment abstenu d'appliquer ce principe à la science. Leibniz, nous l'avons vu, était fortement convaincu que tout, dans le monde physique, devait se passer *mechanice ;* il croyait aussi à la domination absolue de la raison suffisante et la formule où il énonce cette opinion et que nous avons citée (p. 15) revient au fond à celle de Spinoza ; mais d'un génie plus compréhensif et moins absolu que ce dernier, il affirme d'autre part qu'il y a des vérités contingentes qui exigent une analyse infinie et que pour cette raison Dieu seul peut connaître comme nécessaires [1].

Au XIX[e] siècle, Hegel, tout en proclamant par une sorte d'illogisme que la métaphysique devait suivre l'expérience et non la précéder, revient pourtant, en ce qui concerne l'intelligibilité de la nature, au postulat de Spinoza et essaie de déduire réellement *a priori* le système entier des idées productrices de la nature [2] ; et l'on sait que H. Taine s'est proclamé hautement son disciple, du moins au point de vue du postulat d'intelligibilité.

Quels ont été, au point de vue de la science, les résultats des efforts de déduction tentés par tant et de si puissants esprits ? Mettons à part les principes mêmes des théories cinétiques qui doivent être, en effet, attribués à une déduction : il ne nous reste plus que cette espèce de pressentiment des principes de conservation dont nous avons parlé et qui semble en effet avoir conduit, dès l'antiquité, à l'affirmation de la conservation du poids de la matière. Mais toute tentative de déduction totale de la nature est restée lamentablement vaine. L'œuvre de Descartes constitue sans doute l'effort le plus prodigieux que l'humanité ait tenté dans cet ordre d'idées. Devant cette construction colossale, cyclopéenne, on se sent pénétré d'un respect presque religieux. Mais, hélas ! ce palais est une ruine irrémédiable. Qui croit encore aux tourbillons cartésiens, aux trois matières élémentaires ou aux parties

déjà avait dit : « *Primo dunque voglio che notiate essere una e medesima scala per la quale la natura discende a la produzion de le cose e l'intelletto ascende a la cognizion di quelle.* » *De la causa*, éd. Wagner. Leipzig, 1890, p. 285.

1. Leibniz. *De scientia universali. Opera philosophica*, éd. Erdmann, p. 83.

2. Hegel. *Vorlesungen ueber die Naturphilosophie, Werke*, Berlin 1842, vol. VII. Préface de Michelet, p. 15.

cannelées, toutes choses pour lesquelles il réclamait une « certitude plus que morale »? Sans doute, des déductions partielles de Descartes, le principe d'inertie, celui de la conservation du mouvement doivent être comptés (bien que l'expression du second fût erronée) parmi les plus grandes conquêtes de la science : mais elles rentrent précisément dans le cadre que nous avons tracé plus haut. Leibniz s'est abstenu de toute construction déductive générale, tout en appliquant son principe de l'égalité de la cause et de l'effet, avec un merveilleux instinct scientifique, là où il était nécessaire, pour la découverte et la démonstration du principe de la conservation de la force vive. L'impuissance de la déduction pure éclate aussi dans l'œuvre de Kant. Kant, nous le verrons tout à l'heure, ne croyait pas à l'intelligibilité totale de la nature et il s'est appliqué à tracer une limite entre ce qui, dans la science, dérive de la déduction et ce qui est dû à l'expérience. Toutefois, il a été amené à trop présumer du pouvoir de la première. Ses formules se trouvent d'accord avec la science de son temps et avec les conséquences qu'un esprit de cette vigueur pouvait en tirer. Il arrive ainsi à déduire, comme faisant partie du concept essentiel de la matière, la gravitation proportionnelle aux masses et inversement proportionnelle aux carrés des distances ; mais la même déduction l'amène à établir une répulsion inversement proportionnelle au cube de la distance[1]. Cependant, c'est sans doute l'œuvre des métaphysiciens allemands de l'époque immédiatement postérieure qui offre la plus belle démonstration de la stérilité des spéculations aprioriques dans la science. Rien de plus instructif à cet égard (pour ne choisir qu'un petit nombre d'exemples particulièrement frappants) que les déductions de Schelling sur l'évaporation et la condensation de l'eau [2] et sur l'ellipse comme trajectoire des corps célestes [3], celles de Hegel sur la réflexion et la polarisation [4], sur la nature de la lumière [5], sur le ralentissement des oscillations du pendule sous l'équateur [6], sur l'acide carbonique que la

1. Kant. *Premiers principes*, p. 54.

2. Schelling. *Werke*. Stuttgart, 1856, vol. IV, p. 501.

3. *Ib.*, p. 271.

4. Hegel. *Vorlesungen ueber die Naturphilosophie. Werke*. Berlin, 1842, vol. VII, § 278.

5. *Ib.*, § 276.

6. *Ib.*, § 270.

potasse « produit dans l'air pour s'en saturer ensuite[1] » ou sur la nécessité d'une lacune dans le système planétaire entre Mars et Jupiter[2], nécessité démontrée au moment même où Piazzi découvrait la première petite planète, Cérès.

Mais les métaphysiciens n'ont pas été les seuls à tenter des déductions, les savants eux-mêmes ont cru quelquefois pouvoir raisonner sur des principes abstraits et sont également tombés dans de lourdes erreurs. M. Fouillée[3] en a relevé quelques-unes et l'on peut voir qu'elles ont eu pour auteurs des hommes ayant un grand nom dans la science, Prévost et Dumas, J. Müller, Magendie, Pasteur.

Cet échec de l'effort déductif n'est pas pour nous surprendre. Nous savons que la raison ne procède que d'identité en identité ; elle ne peut donc tirer d'elle-même la diversité de la nature. Contrairement au postulat de Spinoza, l'ordre de la nature ne saurait être entièrement conforme à celui de la pensée. S'il l'était, c'est qu'il y aurait identité complète dans le temps et dans l'espace, c'est-à-dire que la nature n'existerait pas. En d'autres termes, l'existence même de la nature est une preuve péremptoire qu'elle ne peut être entièrement intelligible.

Le principe d'identité est la plus vaste des hypothèses que nous puissions formuler, puisqu'il s'applique à la totalité du monde sensible ; mais son action, en tant qu'hypothèse, ne ressemble à celle d'aucune autre. En effet, pour toute autre hypothèse, nous pouvons, en la formulant, nourrir au moins l'illusion qu'elle s'appliquera à tous les phénomènes qu'elle est chargée d'expliquer. Mais ici nous savons d'avance que nous sommes condamnés à échouer. Et cela, non seulement en ce qui concerne le domaine entier des faits dévolus à cette hypothèse, et qui est, en l'espèce, l'univers, mais dans l'explication de chaque fait particulier. Aucun phénomène, même le plus insignifiant, n'est complètement explicable. Nous avons beau « ramener » le phénomène à d'autres, lui en substituer de plus en plus simples : chaque réduction est un accroc fait à l'identité, à chacune nous en abandonnons un lambeau, et finalement il reste, des deux côtés de notre explication, ces deux énigmes qui ne sont d'ailleurs que les deux

1. *Ib.*, § 332.

2. Id. *De orbitis planetarum*. Iéna, 1801. La découverte de Piazzi est du 1er janvier de la même année.

3. Fouillée. *Le mouvement positiviste*. Paris, 1896, p. 19.

faces d'une seule : la sensation et l'action transitive. Afin d'expliquer cette double énigme qui constitue apparemment le fin fond de la nature, il nous faudrait comprendre la causalité efficiente, la « communication des substances » ; or, nous savons qu'elle est inaccessible à notre entendement, « irrationnelle ». On a affirmé le contraire : c'est qu'on la confondait avec la causalité scientifique, qui est tout autre chose, qui est l'identité et qui constitue au contraire l'essence de notre entendement. On a voulu, d'autre part, exclure cette causalité scientifique même du domaine de la science : c'est que l'on commettait la même méprise en sens contraire, que l'on assimilait la causalité scientifique à la causalité efficiente. La première erreur est celle de Descartes et de Spinoza, la seconde celle de Berkeley et de Comte. Les premiers ont cru à l'universelle intelligibilité, alors que les derniers, limitant la science à la loi, affirmaient par là que l'intelligibilité ne devait en rien intervenir dans la science ou, en d'autres termes, que rien n'était intelligible.

La véritable voie a été indiquée par Kant : Il y a bien accord entre notre entendement et la réalité, mais cet accord est partiel, puisque, en fin de compte, nous nous heurtons aux contradictions que nous appelons les antinomies. La réalité est partiellement intelligible et notre savoir scientifique est mêlé d'éléments aprioriques et d'autres qui sont *a posteriori*.

Mais, quand il s'agit de séparer ces éléments les uns des autres, tâche que Kant s'est assignée dans deux œuvres admirables, les *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature* et le traité *De la transition des premiers principes métaphysiques de la science de la nature à la physique*, nous ne pouvons plus suivre jusqu'au bout le grand philosophe. Nous avons mentionné plus haut quelques-uns des résultats auxquels il parvient : ils indiquent nettement qu'il a dû faire en général à la déduction une trop large part. C'est ainsi qu'en parlant de la conservation de la matière il dit : « On emprunte à la métaphysique générale ce principe qu'on prend pour base : que dans tous les changements de la nature aucune substance ne se perd ni ne se crée. Ici on ne fait qu'exposer ce qui est substance dans la matière[1] ». C'est là, en effet, nous l'avons vu, le véritable fondement de ce principe. Mais, pour Kant, la dernière partie de sa proposition est également

1. Kant. *Premiers principes*, trad. Andler et Chavannes, p. 74.

apriorique : le concept de matière inclut pour lui non seulement celui de masse, mais encore celui de poids, de même que le concept de mouvement inclut celui de mouvement uniforme et rectiligne, c'est-à-dire l'inertie.

Kant croit que la science comporte une partie *pure*, c'est-à-dire purement rationnelle et qui par conséquent est entièrement *a priori*. Cette partie comprend non seulement ce que nous nommons, depuis Ampère, la cinématique (et ce qui correspond à ce que Kant désignait comme *phoronomie*), mais encore une partie de la mécanique. Or, il n'en est pas ainsi. Il n'existe pas de mécanique, ni même de cinématique pure. Notre cinématique actuelle suppose le principe d'inertie, y compris la composition du mouvement. Car à quoi servirait de composer des « segments » rectilignes comme on l'a proposé[1], s'il n'était pas sous-entendu que les corps se meuvent en ligne droite et que les mouvements se combinent de cette manière ? Supposons que nous traitions des corps célestes et essayons d'adopter pour eux la théorie qui était encore celle de Copernic, la théorie du mouvement « naturel » en cercle. Évidemment, nous ne retrouverons plus notre cinématique apriorique.

Si l'on tient à faire de la cinématique une science purement rationnelle, sans aucun recours à l'expérience, il reste à la présenter comme hypothétique. A cette condition, elle peut se déduire en toute rigueur, et l'on en sera quitte pour démontrer après coup que ses résultats concordent avec l'expérience. Mais telle n'est pas la pensée de Kant.

Le mérite de Kant dans ce domaine n'en reste pas moins très grand. C'est en suivant ses traces que Whewell est parvenu à préciser avec justesse la manière dont nous devons nous représenter le rôle de la déduction et de l'empirie dans certains énoncés de la science. « C'est un paradoxe, dit-il dans l'introduction à sa *Philosophie des sciences inductives*, que l'expérience nous conduise à des vérités universelles de l'aveu de tous et apparemment nécessaires, comme le sont les lois du mouvement. La solution de ce paradoxe consiste en ce que ces lois sont des interprétations des axiomes de causalité. Les axiomes sont universellement et nécessairement vrais, mais la juste interprétation des termes qu'ils contiennent nous est enseignée par l'expérience. Notre idée de cause four-

1. Calinon. *Etude critique sur la mécanique*. Nancy, 1885, p. 12 ss.

nit la *forme* et l'expérience la *matière* de ces lois[1]. » Dans un autre passage, Whewell, après avoir exposé la même théorie, insiste sur ce que, « sans les enseignements de l'expérience les lois du mouvement n'auraient jamais pu être connues d'une manière distincte[2] ». Et, bien qu'il se soit parfois exprimé d'une façon un peu contradictoire[3] et qu'il n'ait pas appliqué cette méthode à la conservation du poids (qu'il considérait, ainsi que nous l'avons indiqué, comme entièrement apriorique, parce que le concept de poids était pour lui, comme pour Kant, inclu dans celui de substance[4]), on ne saurait, semble-t-il, lui contester le mérite d'avoir, le premier, indiqué clairement la nature particulière des énoncés qui se déduisent du principe d'identité. La thèse de Whewell a été bien souvent reprise plus tard, avec les corrections nécessaires. MM. Milhaud, Le Roy, Wilbois, Kozlowski, parmi nos contemporains, l'ont exposée. Cette solution est cependant loin d'avoir attiré toute l'attention qu'elle mérite. Même les doutes au sujet de l'origine des principes de conservation persistent. M. Poincaré exprime certainement le sentiment général des savants contemporains quand, voulant établir pour quelle raison le principe de la conservation de l'énergie « occupe une sorte de place privilégiée », c'est-à-dire pourquoi nous lui attribuons une valeur dépassant ses fondements expérimentaux, il recherche les « petites raisons » de cette apparente anomalie[5]. M. Helm, également à propos de la constance de l'énergie, déclare qu'il convient de bannir de la science, pour les confiner dans la métaphysique, toutes les considérations se fondant sur le principe de causalité[6].

Pour nous, on l'a vu, le fait que les principes de conservation constituent une classe d'énoncés particulière, découlant du principe de causalité, est d'une importance capitale, puisqu'il nous apparaît comme étant de nature à jeter une vive lumière sur la manière dont se constitue la science et même

1. Whewell. *The Philosophy of the Inductive Sciences*. Londres, 1840, p. XXVII.

2. *Ib.*, p. 239.

3. Cf. par exemple, *ib.*, p. 213 où il a l'air d'affirmer que l'inertie aurait pu être découverte indépendamment de l'expérience et p. XXIV où la cinématique apparaît comme entièrement *a priori*.

4. *Ib.*, p. 30 et 395.

5. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*. Paris, s. d., p. 157.

6. Helm. *Die Lehre von der Energie*. Leipzig, 1889, p. 41.

notre connaissance entière du monde extérieur. Aussi avons-nous fait notre possible pour étayer cette conception des principes sur une étude de leur historique et une analyse logique de leur contenu.

Ainsi donc, ce qu'il y a de vraiment apriorique dans la science, c'est d'abord la série de postulats dont nous avons besoin pour la science empirique, c'est-à-dire pour pouvoir formuler cette proposition : la nature est ordonnée et nous pouvons connaître son cours. Toutefois, cette science rigoureusement empirique est une création artificielle et *la science* n'est pas rigoureusement empirique; elle est aussi l'application à la nature, par phases successives, du principe d'identité, essence de notre entendement. Mais, de ce principe, nous ne pouvons tirer par déduction aucune proposition précise : c'est ce qui fait qu'il ne saurait y avoir de science *pure*, contrairement à ce que supposait Kant. En essayant d'expliquer les phénomènes, nous tentons de les plier à ce que postule ce principe, et c'est pourquoi son intervention dans la science se manifeste comme une tendance, la tendance causale.

Nous constatons que la nature se montre, dans une large mesure, *plastique*, selon l'expression de William James[1], se plie à cette tendance de notre entendement; nous savons aussi qu'en poussant les choses au bout, nous arriverons à une limite infranchissable. Mais, à l'intérieur de cette limite, rien ne nous permet d'indiquer d'avance où et comment nous pourrons appliquer le principe, donner satisfaction à notre tendance causale. En d'autres termes, si nous savons où l'analogie entre l'ordre des idées et celui des choses, pour parler le langage de Spinoza, n'existe plus, aucun raisonnement *a priori* ne permet d'indiquer où elle existe. Qu'il s'agisse d'expliquer les phénomènes par le mécanisme, de trouver des formules de conservation, d'éliminer le temps ou de réduire la matière à l'éther, partout nous ne pouvons procéder qu'en étudiant la réalité, en observant, en expérimentant et en essayant d'adapter nos raisonnements aux résultats de ces observations et de ces expériences. Toute proposition causale, explicative, c'est-à-dire visant la réduction à l'identité, trouve notre entendement merveilleusement prêt à l'accueillir, toute paraît plausible; mais c'est cette préparation qui constitue l'unique élément apriorique de ces propo-

1. W. James. *Le dilemme du déterminisme*. Critique philosophique, XIII. 2, p. 274.

sitions, tout le reste est empirique. Et bien qu'il ait entièrement méconnu ou plutôt expressément nié l'importance, dans la science, des éléments non empiriques, le fait d'avoir éloquemment proclamé, à une époque où la déduction seule était en honneur, la nécessité des recherches expérimentales, constitue le mérite impérissable de Bacon.

La manière dont notre entendement procède pour appliquer le principe d'identité explique qu'il soit sujet, en cette matière, à des erreurs. Des principes de conservation ont été formulés que la science a dû complètement abandonner dans la suite ; ou bien encore, il a fallu en transformer profondément la teneur, modifier l'expression de ce qui se conserve. Nous avons, dans le cours de notre travail, rencontré des exemples de l'un et de l'autre. Le principe de la conservation du calorique de Black appartient à la première catégorie : cette proposition nous apparaît maintenant comme manifestement erronée et, qui plus est, comme contredite par des faits d'expérience vulgaire, tels que la production de la chaleur par le frottement. Elle a pourtant été longtemps considérée comme fermement établie, comme une des bases les plus solides de la physique. Le principe de la conversation du mouvement de Descartes est un exemple de la seconde catégorie. Descartes avait bien le sentiment que, dans la communication du mouvement, quelque chose devait se conserver. Bien entendu, nous voyons maintenant que, même sous cette forme indéterminée, la proposition est déjà loin d'être purement apriorique car la faculté que possède un corps en mouvement de transmettre ce mouvement est un fait, et un fait impossible à établir par déduction, puisque inintelligible. Mais la déduction est si peu susceptible de nous conduire au but dans cet ordre d'idées que, cherchant ce qui se conserve, Descartes à fait fausse route et que son erreur a été partagée par ses contemporains.

On peut citer d'autres exemples encore. C'est ainsi qu'au début du XVIIe siècle Quercetanus (Du Chêne) prétendit que l'on pouvait à l'aide des cendres d'une plante reproduire celle-ci, ou du moins sa forme essentielle, en solution. C'était affirmer en quelque sorte une persistance de la spécificité de la plante après combustion. La théorie, désignée sous le nom de *palingénésie,* bien que fondée sur des observations grossièrement erronées, eut tout de suite beaucoup de partisans et, malgré les réfutations de Van Helmont et de Kunckel, se maintint

longtemps[1]. Au XVIIIe siècle, l'hypothèse de la préformation des germes formulée, semble-t-il, par Leibniz[2], mais qui a reçu sa forme définitive de Haller, a joui d'une grande vogue. A première vue, on serait porté à traiter de simple curiosité scientifique une théorie d'après laquelle à l'origine, à la création, des individus portaient en eux, individualisés, les germes de tous ceux dont devait se composer leur descendance au cours des siècles. Mais des observateurs bien informés nous avertissent que les éléments de cette doctrine se retrouvent jusque dans les conceptions les plus modernes de l'embryologie et que d'ailleurs l'hypothèse de Haller, aussi bien que les théories postérieures, dérivent du même état d'esprit, à savoir du désir que nous éprouvons de substituer à la genèse une épigenèse, c'est-à-dire de traiter le devenir comme une apparence cachant une identité réelle dans le temps[3].

Plus près de nous, vers 1872, M. G. Preyer, physiologiste de renom, a formulé un principe qu'il intitulait « loi de constance de la vie organique », principe qui a donné lieu à de vives discussions, mais a été finalement rejeté à peu près unanimement, parce qu'il était par trop contraire aux faits[4]. Manifestement donc la tendance causale, l'avidité avec laquelle notre entendement saisit tout ce qui a l'apparence d'une proposition d'identité, peut nous induire en erreur et il peut y avoir, de ce côté, un certain danger, danger bien léger pourtant et que le contrôle exercé par l'expérience suffit à écarter.

Est-il possible de tirer, des considérations théoriques qui précèdent, des indications sur les méthodes que doit suivre la science? Il nous semble qu'à tout prendre nos résultats aboutissent à consacrer les procédés que les savants ont appliqués jusqu'à ce jour plus ou moins consciemment. Ainsi, il faut maintenir dans la science les théories cinétiques.

1. Cf. Kopp. *Geschichte*, vol. I, p. 111, vol. II, p. 243 ss.

2. Cf. Couturat. Revue de métaphysique, XI, 1903, p. 92.

3. Cf. Le Dantec, *Les Néo-Darwiniens*, Revue philosophique, XLVII, 1899. F. Houssay, *Les théories atomiques en biologie*, Congrès de philosophie de 1900, vol. III, et Appuhn, *La théorie de l'épigenèse*, Congrès de philosophie de Genève, 1904, compte rendu de Couturat dans la Revue de métaphysique, XII, 1904, p. 1059. — Haller avait du reste lui-même indiqué comme le fondement de sa théorie le principe : « Il n'y a pas de devenir. » *Es gibt kein Werden* (*ib.*).

4. Cf. Dastre. *La vie et la mort*, p. 245.

Certes, les traités de physique mathématique en sont remplis à l'heure actuelle. Mais on devine quelquefois chez les auteurs comme une sorte de gêne : sentant que leurs représentations spatiales aboutissent à des contradictions, ils s'excusent d'en user. Ainsi M. Van't Hoff, qui est l'un des auteurs de la théorie de l'atome de carbone dissymétrique, a l'air de regretter qu'on soit obligé de se servir de la conception moléculaire dont il fait ressortir le caractère hypothétique. Cette nécessité lui paraît d'ailleurs provisoire[1]. Maxwell, qui a tant fait pour le développement des conceptions mécaniques, dont l'œuvre principale — son traité de l'électricité — est, ainsi que le constate précisément M. Poincaré[2], dominé par la préoccupation de démontrer dans chaque cas particulier la possibilité d'explications mécaniques, qui a, au moins partiellement, réussi à les introduire dans le domaine du principe de Carnot qui leur semblait fermé, Maxwell lui-même cède quelquefois à cette tendance. Dans son *Allocution aux sections mathématique et physique de l'Association Britannique*, avant de donner un bref et brillant exposé de la théorie cinétique des gaz, il prévient ses auditeurs que ce n'est qu'une image, une « illustration » et qu'elle n'est utile que comme telle. Il y a des hommes qui peuvent se passer de cette aide, et Maxwell admet implicitement que c'est une supériorité ; mais la majorité en a besoin et la science doit satisfaire à la fois les uns et les autres[3]. M. Duhem, qui a reconnu si clairement le caractère essentiel de sthéories (cf. chap. XI, p. 342 ss.), déclare de même que l'emploi des théories mécaniques est une question de commodité personnelle[4]. Ces réserves paraissent injustifiées. Sans doute il est possible, en négligeant complètement le développement naturel de la science, de donner à certaines de ses parties l'apparence de l'empirisme pur. Des tentatives de ce genre seront toujours intéressantes comme tout ce qui procède logiquement d'un point de vue unique. Un tel exposé aura en outre l'avantage de nous faire voir clairement les résultats acquis. Mais il entraîne aussi des inconvénients.

1. Van't Hoff. *Leçons de chimie physique*, trad. Corvisy, 1re partie. Paris, 1898, p. 9.

2. Poincaré. *Electricité et Optique*. Paris, 1901, p. IV-VIII. — Cf. *La science et l'hypothèse*, p. 249.

3. Maxwell. *Scientific Papers*, vol. II, p. 219.

4. Duhem. *L'évolution de la mécanique*, p. 186.

On peut, nous l'avons vu, démontrer le principe d'inertie expérimentalement, et toute la partie de la mécanique qui en dépend peut par conséquent être traitée, conformément au programme de Kirchhoff, en « science descriptive ». Mais, pour la conservation de l'énergie, nous avons trouvé les démonstrations expérimentales insuffisantes ; si donc on se base uniquement sur ces preuves, en partant des travaux de Joule et en négligeant tout le développement antérieur, on ne commet pas seulement une hérésie au point de vue historique[1], on risque en outre de fausser complètement la signification et la portée du principe.

De plus, exposés sans hypothèses, les résultats expérimentaux nous apparaissent comme quelque chose de définitif, d'achevé, sans que nous apercevions la voie qui y a mené, ni celle qui pourra nous conduire plus loin ; car la science n'est pas baconienne et l'expérience seule, sans le secours de l'hypothèse, ne saurait y mener bien loin. C'est ce qui fait que l'image de la science ou d'une partie de la science que l'on nous offre ainsi sera en quelque sorte statique, alors que la science se trouve en réalité dans un flux perpétuel, est dynamique.

Nous avons vu (p. 5 ss.) que, pour Comte, certaines lois présentaient en effet ce caractère du définitif, qui lui faisait interdire toute recherche susceptible de les modifier ; et il est clair que cette conception eût été impossible sans son horreur pour toute théorie.

Sans vouloir par conséquent proscrire les tentatives dont nous venons de parler, surtout dans l'exposé de chapitres de la science se trouvant dans une phase d'évolution très avancée, nous croyons que le savant doit, chaque fois que le développement l'exige, user dans une grande mesure de considérations cinétiques. Il est certain qu'au point de vue même de la science expérimentale la plus stricte, nous avons grand intérêt à suivre jusqu'au bout les déductions causales, fussent-elles les plus abstraites en apparence. Boltzmann, en exposant les spéculations dont nous avons parlé à propos du principe de Carnot, a très justement insisté sur ce fait qu'il ne fallait pas les considérer comme oiseuses, car elles peuvent suggérer

1. Helmholtz (*Vortraege und Reden*. Brunswick 1896, p. 407) insiste particulièrement sur le fait que les principes directeurs dont il s'était inspiré dans son travail de 1847 sur la conservation de l'énergie ne lui paraissaient « nullement nouveaux, mais au contraire très vieux ».



des expériences au sujet des limites de la divisibilité de la matière, de la grandeur des sphères d'action, etc.

Il ne faut même pas qu'en construisant ses hypothèses, le savant en redoute trop les contradictions ultimes. L'accord entre l'image causale et le phénomène, entre la pensée et la nature, ne saurait être complet ; mais il y a analogie réelle, analogie profonde. Toute théorie mécanique d'une série de phénomènes constitue un progrès scientifique immense ; elle conduira sûrement à des découvertes, car elle contient une révélation sur l'essence de ces phénomènes. Si parfaite que fût, à tant d'égards, la théorie de Fresnel, on aurait, certes, eu tort de prendre à la lettre l'affirmation de l'existence de l'éther lumineux pourvu des propriétés contradictoires que l'on sait. Mais qu'il y eût similitude, plus que cela, identité de propriétés entre la lumière et le mode de mouvement spatial appelé ondulation, cela était certain, et cette vérité est demeurée, alors même que les conceptions de Fresnel ont fait place à celles de Maxwell. Or, ces ondulations, on ne pouvait les concevoir que dans un milieu : on a donc bien fait d'accepter l'éther lumineux, en dépit de ses propriétés inconciliables. Il faut prendre son parti de ces contradictions qui résultent des limites de notre entendement. On doit, sans doute, chercher à les réduire à un minimum, et ce sera toujours accomplir un progrès considérable que de mettre d'accord la théorie de deux parties distinctes de la science. Mais chaque théorie, si parfaite soit-elle, ne pourra jamais être logique ni intelligible jusqu'au bout. Les savants se sont beaucoup occupés de certains problèmes fondamentaux du mécanisme. Les particules élémentaires doivent-elles être considérées comme infiniment élastiques ou comme infiniment dures? Leibniz et Huygens ont vivement agité cette question. De même, nous avons vu qu'on a cherché à expliquer l'élasticité des atomes par des mouvements de toute sorte. Enfin il y a eu de grandes discussions sur la question de savoir si nous devons considérer l'atome comme un corpuscule ou comme un centre de forces. Ces recherches et ces discussions ont une grande utilité ; il y aurait évidemment avantage à écarter définitivement l'action à distance qui répugne par trop à notre entendement, et, en réduisant toute action transitive à un type unique, nous aurions, en premier lieu, un minimum d'irrationnel, ce qui est toujours satisfaisant au point de vue théorique; en outre, cette hypothèse

serait sans doute plus vraie, c'est-à-dire présenterait plus d'analogie avec la réalité, nous ferait découvrir plus de rapports entre les phénomènes, que toute autre. Ce serait donc un progrès véritable et qui aurait sa répercussion immédiate même dans la partie légale de la science : il est probable que nos calculs en seraient simplifiés, car il est moins compliqué de supposer qu'une particule n'est influencée que par ce qui l'avoisine que d'admettre qu'elle subit directement l'action de l'univers entier. Un éminent théoricien a fait ressortir à ce propos que les équations de Maxwell, qui sont basées sur l'exclusion de l'action à distance, ne sont qu'un cas particulier, une simplification de celles de Helmholtz où cette action est au contraire stipulée[1], et un autre savant, tout en déclarant qu'il considérait comme équivalentes les conceptions corpusculaire et dynamique, avoue cependant avoir été surpris par la simplicité et l'élégance de certaines formules de Hertz[2].

Quant au but ultime que les théories ont en vue, but par essence inaccessible, il est dans l'explication des phénomènes par un élément qui se différencie le moins possible de l'espace ou, si l'on veut, dans la réduction de la matière à l'espace. A ce point de vue, la science ne pourra jamais s'écarter des voies que lui a tracées l'esprit le plus puissant peut-être dont l'humanité ait eu à s'enorgueillir : Descartes.

Là où Descartes s'est trompé, c'est en croyant que des déductions pourraient produire autre chose que des constructions hypothétiques.

Jamais une théorie, quelle qu'elle soit, ne sera vraie tout simplement. Nous avons vu que la supériorité du mécanisme corpusculaire sur le dynamisme réside dans le fait qu'il correspond mieux à un postulat relatif à l'espace ; et que la vertu, la « force explicative » du mécanisme en général proviennent uniquement du principe causal, c'est-à-dire du fait que l'on stipule la persistance de quelque chose, mais non pas de ce que la chose dont on postule la conservation, l'atome dynamique ou corpusculaire, puisse jamais être rendue compréhensible, sa fonction essentielle, l'action transitive, étant fondamentalement inaccessible à notre intelligence. Le terme de la réduction ne saurait être qu'irrationnel. Et il se peut fort

1. Planck. *Die Maxwell'sche Theorie*, Wiedemann's Annalen, 1899 Spl.

2. L. Lange. *Das Inertialsystem*. Philosophische Studien, 1902, p. 55.

bien qu'à cet égard les théories électriques, qui supposent une action de proche en proche, mais dont la nature mécanique n'est pas déterminée, constituent la solution la meilleure. Mais en attendant que cette solution soit fermement établie et universellement acceptée, les savants ont raison de se servir dans leurs théories, sans trop de scrupules, à la fois de corpuscules et d'actions à distance, en négligeant momentanément les contradictions auxquelles ils aboutissent.

Et de même, ils font bien de ne pas trop chicaner sur les « supercheries » inconscientes des théories que nous avons signalées, telles que celle qui considère l'éther à la fois comme identique et comme différencié (p. 232). Ce sont là de simples conséquences de l'instinct causal qui aboutit à l'illusion causale, et elles se justifient par l'accord partiel entre notre pensée et la réalité. Comme l'a dit M. Duhem « aucun enseignement de la physique ne peut (nous ajoutons : et ne pourra jamais) être donné sous une forme qui ne laisse rien à désirer au point de vue logique[1] ». Dans le même ordre d'idées, il ne faut pas trop s'étonner si les physiciens sont amenés à se servir, côte à côte, de deux ou même de plusieurs théories contradictoires ou de modèles mécaniques disparates, comme l'a fait Maxwell entre autres. Sans doute, c'est toujours un inconvénient, une théorie bien ordonnée et logique sera infiniment préférable, parce que, étant plus *vraie*, il y a beaucoup de chances pour qu'elle nous rende plus de services. M. Duhem a donc certainement raison de protester contre l'abus de ces procédés[2] ; mais peut-être ne faut-il pas être trop rigoureux en cette matière. Dans une science comme celle de l'électricité qui est en voie de développement rapide, des procédés un peu irréguliers de ce genre peuvent rendre de grands services. Il faut ajouter que, comme le sens commun ne peut nous y être directement d'aucun secours puisque l'organe de sensation immédiate nous fait défaut, des images matérielles quelles qu'elles soient sont souvent indispensables pour soutenir notre imagination défaillante.

Toutefois, en se servant des théories atomiques, il serait bon que le savant eût clairement conscience de la nature de ces conceptions, des éléments aprioriques qu'elles recèlent. Il comprendrait mieux alors que leur fond est immuable,

1. Duhem. *La théorie physique*, p. 424.
2. *Ib.*, p. 145 ss.

parce que reposant sur ce qui constitue les assises de l'esprit humain. De fort grands savants se sont quelquefois écartés sur ce point de la bonne voie. Ainsi, Boltzmann a admis qu'il pourrait être question d'atomes changeants [1]. Il n'y aurait rien à dire contre cette hypothèse si ce physicien avait conçu les atomes (ou prétendus tels) comme composés de particules plus petites qui, elles, demeureraient immuables. Mais, selon toute apparence, il a voulu parler des particules ultimes de la matière, et dès lors sa supposition est inadmissible. Les atomes qui changeraient simplement dans le temps (on ne saurait imaginer rien d'autre), changeraient sans cause : ils ne pourraient donc plus rien expliquer, c'est-à-dire qu'ils perdraient leur raison d'être et, n'étant que des êtres de raison, cesseraient d'exister. De même, il importe de ne jamais perdre de vue que nous ne savons où cesse l'analogie entre le mécanisme ou mieux, la conception causale du monde, et la nature. La seule chose dont nous soyons sûrs, c'est qu'elle doit cesser quelque part. Si donc nous nous heurtons à un phénomène qui ne nous semble pas conforme à cette conception, nous avons sans doute le droit de tout tenter pour l'y faire rentrer, mais il ne nous est pas permis de l'écarter, de le rejeter s'il se montre rébarbatif. Il se peut précisément que l'avenir nous réserve bien des constatations de ce genre. Après avoir longtemps recherché surtout ce qui persiste, la science, depuis que l'importance du principe de Carnot est clairement reconnue, tourne son attention de plus en plus vers ce qui se modifie, vers le flux perpétuel, et il est clair que sur ce terrain les considérations causales seront toujours plus ou moins en défaut.

Dans ces limites, nous dirons avec M. Ostwald [2] que l'identité de la pensée et de l'être postulée par Spinoza, Hegel et Schelling reste le programme de la science, programme vers la réalisation duquel tendent ses efforts. Cette tendance se manifeste par l'influence des considérations causales dont les théories mécaniques constituent une expression particulière.

Il est donc permis de déclarer que la science tend véritablement à réduire tous les phénomènes à un mécanisme ou un atomisme universel, en définissant ces termes de manière à

1. Boltzmann. Wiedemann's Annalen, vol. LX, 1897, p. 240.

2. Ostwald. *Vorlesungen*, p. 6.

inclure les théories électriques, et en se rappelant que la causalité de l'être, si proche parente de la causalité du devenir, exige que les particules élémentaires soient faites d'une matière unique et que celle-ci ne possède qu'un minimum de qualités, de manière à pouvoir être dans une certaine mesure confondue avec l'espace ou son hypostase, l'éther. Non pas que cette réduction soit réellement possible, ni que nous puissions croire que cet atomisme constitue l'essence des choses, ni qu'il soit capable d'offrir un système exempt de contradictions; mais parce qu'il est, parmi toutes les images que notre intellect est capable de concevoir, la seule qui, satisfaisant au moins jusqu'à un certain point notre tendance à l'identité, offre en même temps de réelles et quelquefois de surprenantes concordances avec les phénomènes. C'est donc en suivant cette image, en la rendant de plus en plus adéquate aux faits que nous avons le plus de chances de connaître mieux ces derniers. En d'autres termes, la réduction au mécanisme et à l'atomisme n'est pas en elle-même un but, mais un moyen. C'est une règle qui guide la marche de la science, ainsi que Lange l'a déjà montré [1].

On ne peut pas dire que la science se rapproche indéfiniment de la réduction au mécanisme, si l'on entend par ce dernier terme une hypothèse logique, cohérente, libre de contradictions. La science n'accomplit que des progrès finis et toutes les hypothèses mécaniques qu'elle forme étant contradictoires en elles-mêmes, c'est-à-dire absurdes au fond, elle reste toujours séparée par une distance infinie de cette conception logique vers laquelle elle paraît tendre.

C'est en tant que guide, en tant que principe directeur que le mécanisme a rendu à la science d'inappréciables services et, — le passé nous étant un sûr garant de l'avenir, — lui en rendra sans doute encore. En l'adoptant franchement comme tel, nous aurons en outre l'avantage de débarrasser la science théorique de certains fantômes (comme dirait Bacon) qui la hantent, tels que la « tendance à l'unité » ou la « tendance à la simplicité ». En un certain sens, la tendance à l'unité existe, puisque notre entendement, en niant toute diversité dans le temps et l'espace, tend à ramener finalement l'ensemble des phénomènes à un Tout indistinct. Mais cette tendance n'est pas un principe indé-

1. LANGE. *Geschichte des Materialismus*, 4e éd. Iserlohn, 1882, Préface de HERMANN COHEN, p. IX.

pendant en soi et elle n'a rien de mystérieux. C'est une conséquence directe du principe d'identité. Quant à la simplicité, il convient de distinguer. La science, assurément, tend à simplifier les connaissances acquises, c'est-à-dire à les résumer en formulant des lois et des théories de plus en plus générales : c'est là une conséquence du principe de l'économie de l'effort, qui est la source de la science empirique. Mais il n'est pas vrai de dire qu'à mesure que la science avance, notre conception d'un phénomène réel gagne en simplicité ; car si la science découvre souvent le simple sous le complexe, d'autres fois, comme l'a fait ressortir M. Poincaré, c'est au contraire le complexe qu'elle découvre sous les apparences de la simplicité. Ainsi, la simplicité de la loi de Newton pourrait fort bien n'être qu'apparente. « Qui sait si elle n'est pas due à quelque mécanisme, au choc de quelque matière subtile... et si elle n'est devenue simple que par le jeu des moyennes et des grands nombres[1] ? » Et si, de deux formules, de deux solutions théoriques, nous devons toujours, à mérite égal, adopter la plus simple, il n'est pas exact que, de deux éventualités, celle qui correspond à la théorie la plus simple doive se réaliser. Il était simple de supposer que les planètes tournent autour du soleil en cercles, et comme Copernic n'avait à sa disposition que des observations grossières, il a agi logiquement en adoptant cette hypothèse. L'ellipse est en effet une ligne plus compliquée que le cercle, et le fait que le soleil se trouve dans l'un des foyers, l'autre restant vide, choque même tout d'abord notre sens de la symétrie ; n'empêche que Képler, à son tour, a eu raison de ne pas hésiter dans ce cas. De même les lois de Mariotte et de Gay-Lussac sur le volume des gaz sont très simples; cela prouve-t-il qu'elles soient exactes, c'est-à-dire que ce soient des lois suivies réellement par la nature elle-même? La question, en l'état actuel de la science, ne se pose même plus ; nous savons fort bien qu'aucun gaz ne suit exactement les lois dont nous parlons, et en les énonçant ou en les appliquant, nous avons bien soin de spécifier que nous traitons d'un être entièrement hypothétique que nous désignons comme le « gaz parfait ».

Mais nous avons vu que la question se posait pour Comte, (cf p. 5 ss.) et qu'il l'avait tranchée dans le sens absolument contraire. M. G. Milhaud, dans une analyse remarquable, a

1. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, p. 176, cf. *Thermodynamique*. p. VII.

fait ressortir qu'on trouvait là chez Aug. Comte un véritable dogme et a démêlé les fondements de cette croyance[1]. Ils sont à peu près étrangers à la philosophie des sciences physiques, ayant leur origine dans une conception sociologique. Comte était extrêmement préoccupé de l'idée de l'ordre ; il l'avait placée au centre même de son système. Ayant repoussé les traditions théologiques, il ne pouvait fonder l'ordre que sur l'expérience. Il fallait donc que celle-ci pût parvenir à établir des principes définitifs et des lois inébranlables dans la suite.

La loi, telle que la comprend réellement la science, est une construction idéale et une image, transformée par notre entendement, de l'ordonnance de la nature ; elle ne saurait donc exprimer directement la réalité, lui être véritablement adéquate. Elle n'existait pas avant que nous l'ayons formulée et n'existera plus quand nous l'aurons fondue dans une loi plus large. Supposer qu'une règle empirique conçue par nous ne sera plus modifiée dans l'avenir, c'est au contraire affirmer que cette règle existe objectivement, dans la nature elle-même : car on ne saurait prétendre que dans la connaissance des règles nous ne pourrons jamais dépasser des limites définies, étant donné qu'il n'y a nulle possibilité de tracer ces limites, ni même d'en concevoir l'existence. Ainsi, on affirme que la nature, sur ce point, est en accord avec la pensée. Or, celle-ci, en formulant des lois, doit en effet se laisser guider par des considérations de simplicité. C'est donc qu'en dernier lieu on attribue ces mêmes considérations de simplicité à la nature. Observons d'ailleurs que toute définition de simplicité ne peut être que relative aux facultés de notre esprit, aux moyens dont il dispose, à ses habitudes. Comme M. Le Roy l'a fait ressortir[2], la fonction du sinus qui entre par exemple dans la loi de la réfraction nous paraît simple,

1. MILHAUD. *L'idée d'ordre chez Auguste Comte*. Revue de métaphysique. IX 1901, p. 539. — M. LÉVY-BRUHL. *La philosophie d'Auguste Comte*, 2e éd. Paris. 1905, p. 3, constate de même que chez Comte « l'intérêt scientifique. si vif qu'il soit, se subordonne à l'intérêt social ». Cf. *ib.*, p. 5, 25. — Il semble, en effet, que cette conviction particulière de Comte ne découle aucunement de sa conception de la science qui aboutirait plutôt à considérer justement les lois comme l'expression éphémère de l'état momentané de la science d'une époque. (Cf. *Cours*, vol. VI, p. 600-601, 622, 630, 612) les restrictions (*ib.*, p. 601, 623) apparaissant comme quelque chose d'étranger au corps même de la doctrine. Il n'empêche que, comme nous l'avons indiqué plus haut (p. 373), l'erreur n'eût pu se produire si Comte n'avait proscrit toute recherche théorique.

2. E. LE ROY. *Un positivisme nouveau*. Revue de métaphysique, IX, 1901. p. 146.

parce que nous avons l'habitude de nous en servir et que nous en possédons même des tables; mais si nous étions obligés de l'exprimer sous une forme purement arithmétique, par un polynôme, elle serait très compliquée. Nous découvrirons peut-être demain un procédé nouveau de calcul mathématique qui nous fera paraître simples les problèmes qui nous embarrassent actuellement. Il y a là, de toute évidence, un élément accidentel qu'il semble bien difficile d'attribuer à la nature. D'ailleurs, au fond, nous ne le faisons pas. Quand un astronome, péniblement, par des approximations successives, calcule les « perturbations » dont les planètes sont cause les unes pour les autres, il n'a pas le moindre doute que la nature résout ce même problème instantanément, avec une exactitude absolue et sans difficulté aucune. Comme l'a dit Fresnel, « la nature ne s'est pas embarrassée des difficultés d'analyse [1] ». C'est ce qui fait que M. Poincaré estime qu'elle « a donné trop de démentis » à ceux qui proclamaient qu'elle aime la simplicité[2] et que M. Duhem, de même, arrive à la conclusion que la simplicité « si ardemment souhaitée, est une insaisissable chimère[3] ».

Ajoutons que, comme l'a indiqué M. Poincaré dans le passage que nous avons cité plus haut (p. 379), là même où la nature nous paraît simple, ce peut être une pure apparence, la simplicité peut fort bien recouvrir une réelle diversité de faits très nombreux; elle serait alors *statistique*. Quand nous voyons, d'un peu loin, une foule s'écouler par une ouverture, nous découvrons sans peine que le phénomène a une allure tout à fait régulière; pourtant chacun des individus qui la composent exécute des mouvements fort divers. De même, la régularité des naissances et des décès dans des agglomérations un peu importantes recouvre un ensemble de faits particuliers à chaque individu.

1. A. Fresnel. *Mémoire sur la diffraction de la lumière*. Mémoires de l'Académie royale des sciences, années 1821-1822, vol. V, p. 340. — A noter cependant que Fresnel entend rejeter uniquement des considérations fondées sur la simplicité du calcul; la simplicité des hypothèses lui paraît au contraire un criterium de la vérité. La nature « a évité la complication des moyens », elle « paraît s'être proposé de faire beaucoup avec peu : c'est un principe que le perfectionnement des sciences physiques appuie sans cesse ».

2. Poincaré. *Thermodynamique*, p. VII.

3. Duhem. *L'évolution de la mécanique*, p. 343.

C'est sur le même postulat de la simplicité de la nature que s'appuie une objection fondamentale que l'on formule quelquefois contre l'atomisme et dont Stallo notamment paraît faire grand cas[1]. En formulant la théorie atomique d'un gaz, on cherche évidemment à expliquer cet état de la matière par l'état solide ou, si l'on veut, par l'ultra-solide (p. 58 ss.). Or, il est aisé de s'en rendre compte, partout et toujours, — qu'il s'agisse de phénomènes purement physiques, tels que le changement de volume en fonction de la pression et de la température, la diffusion, la chaleur spécifique, ou même de réactions chimiques (loi de Gay-Lussac), — les lois qui régissent l'état gazeux sont plus simples que les lois applicables à l'état solide de la matière. Donc, conclut-on, « s'il y a un état typique et primaire de la matière, ce n'est pas l'état solide, mais l'état gazeux » et par conséquent « c'est la forme gazeuse qui fournit une base pour l'explication de la forme solide, et non pas du tout le solide qui peut servir à expliquer le gaz[2]. »

Cette objection, à la lumière de ce que nous venons d'établir, nous apparaît comme purement spécieuse. Elle suppose implicitement que le phénomène plus simple doit être par là même plus primordial. Or, nous venons de le voir, la simplicité peut ici n'être que *statistique*, et comme le nombre des molécules dans un centimètre cube de gaz est incomparablement plus grand que celui des individus humains dans n'importe quelle agglomération que nous connaissions ou dont nous puissions même supposer l'existence dans l'avenir, et que la régularité des phénomènes croît évidemment en fonction de ce chiffre, il n'est pas étonnant que les lois qui régissent les gaz soient bien plus régulières que celles de la statistique humaine.

Dans le même ordre d'idées, il est certain que, si nous n'adoptons pas le mécanisme pour guide, nos raisonnements analogiques erreront pour ainsi dire sans boussole dans le champ illimité des possibilités. On le voit clairement dans les étranges hypothèses des *Naturphilosophen* et c'est là ce qui a rendu si stériles leurs raisonnements. Cependant on ne saurait prononcer ici un jugement trop absolu. Les analogies entre la nature et notre entendement sont multiples et profondes. Un

1. Stallo, *l. c.* p. 132 ss.

2. *Ib.*, p. 134.

esprit vigoureux peut donc, par simple raisonnement analogique, parvenir à des découvertes scientifiques importantes. En fait, il n'est pas douteux que bien des grandes découvertes sont dues à des raisonnements de ce genre[1]. Il ne faut donc point s'étonner qu'Œrsted, partant des doctrines de la « philosophie de la nature », ait découvert l'électro-magnétisme ; et de même il se peut fort bien que les rapports formulés par M. Ostwald et qui semblent actuellement plutôt des combinaisons numériques, nous mènent à des généralisations de grande valeur.

Toutefois — on peut, semble-t-il, le prédire sans trop de risques d'erreur, — les théories et les hypothèses qui seront à la base de raisonnements de ce genre seront sans doute éphémères. Seul, le fond même du mécanisme, l'explication des phénomènes par le mouvement, est et sera véritablement éternel.

Tant que l'humanité cherchera à développer la science, le mécanisme continuera à se développer avec elle. Le retour au péripatétisme, préconisé avec tant de force et de savoir par M. Duhem, nous paraît impossible. Il ne nous semble pas, en effet, que la pure doctrine d'Aristote ait été une doctrine véritablement scientifique ; elle ne l'est devenue, comme chez les alchimistes, que par une déviation. Nous ne croyons pas non plus que les récents développements de la physique et de la chimie théoriques, comme par exemple les travaux de Gibbs, soient réellement dans le sens de la physique aristotélicienne. Les analogies sont légères et superficielles ; la similitude qu'on établit entre le changement d'état et le mouvement est probablement la seule analogie réelle ; encore, sur ce point, la ressemblance est-elle peut-être plus dans les expressions que dans les conceptions des deux doctrines. Quand on nous dit que la théorie moderne considère le changement « en lui-même » comme le faisait Aristote, il nous semble qu'au fond l'analogie tient surtout à une sorte de fait négatif, à savoir à ce que l'une et l'autre ne font pas intervenir les atomes, dont l'intrusion, étant l'expression d'une causalité stricte, aboutit à rétablir l'identité, c'est-à-dire à nier le changement lui-même. Mais les théories modernes du changement ne préten-

1. Duhem. *La théorie physique*, p. 50 ss. La thèse de M. Duhem va plus loin, il voudrait établir que « la recherche de l'explication n'était pas le fil d'Ariane ». Les services rendus par le mécanisme nous semblent pourtant bien difficiles à nier.



dent aucunement en pénétrer le fond : elles ne sont pas explicatives, comme croyait l'être la conception d'Aristote. M. Duhem lui-même reconnaît cette différence. Seulement il s'ensuit que ces théories n'excluent pas le mécanisme comme explication. Gibbs lui-même s'est servi de conceptions mécanistes, et nul n'a prétendu que le développement le plus récent de la physique qui, nous l'avons vu, semble entièrement dirigé dans le sens de l'atomisme, soit entré en conflit, sur quelque point que ce soit, avec ses théories[1]. Les deux genres de conceptions semblent faire excellent ménage.—Mais quant au procédé même du raisonnement analogique, il est bien entendu qu'il est plus indestructible encore, si c'est possible, que le mécanisme, car il est le seul par lequel nous puissions approcher la réalité. Quoi que nous fassions, nous sommes toujours obligés de supposer — au moins momentanément — que la nature procède comme notre entendement. L'erreur de Descartes et des *Naturphilosophen*, et aussi celle de Comte, a consisté uniquement à se servir de l'analogie, non pour formuler des suppositions à vérifier, mais pour des affirmations apodictiques.

Il n'est cependant que juste de faire ressortir que quelque chose de cet esprit subsiste dans notre physique actuelle. Quand nous faisons une place à part aux principes de conservation et quand, en général, à toute proposition découlant du principe d'identité nous attribuons une portée dépassant sa base expérimentale, nous supposons évidemment à la nature une tendance analogue à celle de notre esprit, sommes-nous dans l'erreur ? Nous avons déjà répondu à cette question : l'analogie entre notre intelligence et la nature ne saurait être niée. D'ailleurs il semble bien que les opinions fondamentales de l'humanité à cet égard n'aient guère varié. Anaxagore, et avant lui Hermotime, nous dit Aristote « ont proclamé que c'est une intelligence qui, dans la nature aussi bien que dans les êtres animés, est la cause de l'ordre et de la régularité qui éclatent partout dans le monde[2] ». Seulement, nous sommes forcés d'aller plus loin que ces philosophes anciens, puisque, au delà de l'ordre, nous apercevons encore la plasticité de la

1. Boltzmann. *Leçons sur la théorie des gaz*, IIe partie. Paris, 1905, p. 206, établit que « Gibbs avait continuellement présente à l'esprit cette idée de la théorie moléculaire, même quand il ne se servait pas des équations de la mécanique moléculaire ».

2. Aristote. *Métaphysique*, l. Ier, cap. III, § 28.

nature à l'égard du principe causal. A moins de supposer, comme Spir, qu'il y a dans cet accord une « déception organisée [1] », voulue, on est bien forcé de poser cette analogie, d'admettre une harmonie partielle.

Faut-il s'en étonner? Sans doute, si nous opposons au monde de notre conscience celui du noumène. Mais il ne faut point oublier que ce n'est là en somme qu'une théorie métaphysique, que c'est nous qui avons créé la conception du noumène et que nous l'avons créée en vue de l'action. S'il reste sans action, il s'évanouit aussitôt, tout comme les dieux d'Epicure, ou l'éther des physiciens si nous le privions de masse. Nous postulons donc l'action en même temps que le concept et par conséquent aussi l'analogie. Si donc, dans ce concept dualiste, l'analogie apparaît comme un miracle, c'est un miracle du même ordre que la sensation.

Mais cette conception n'est pas la seule. Il m'est également loisible de considérer le moi comme une partie du grand Tout ou de juger, au contraire, que le monde entier n'est que ma sensation. « Les montagnes, vagues et ciels ne sont-ils pas une partie de moi et de mon âme, comme moi d'eux ? » dit Byron dans des vers que Schopenhauer aimait à citer [2]. Si nous adoptons une conception de ce genre, l'étonnement disparaît, ou plutôt la difficulté consistera alors à comprendre comment il se fait que l'analogie ne soit pas plus complète, qu'il reste des éléments inconnaissables, transcendants.

Nous voilà encore une fois parvenus sur le terrain de la métaphysique propre. Nous ne pouvons, en effet, esquiver une réponse à cette question : les résultats auxquels est arrivée la science théorique sont-ils de nature à déterminer notre choix entre les divers systèmes que la métaphysique nous propose?

A cette question, Ed. de Hartmann, dans un ouvrage remarquable [3], a donné une réponse affirmative. Il constate que la science, à l'aide de l'expérience et de l'observation, et en partant des notions du sens commun, arrive finalement à leur substituer une conception entièrement différente, le méca-

1. Spir, *l. c.*, p. 9, 18, 317.

2. *Are not the mountains waves and skies a part*
Of me and of my soul, as I of them?
Byron, *Manfred*, cf. Schopenhauer, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, vol. I, p. 213.

3. Ed. von Hartmann. *Das Grundproblem der Erkenntnisstheorie*. Leipzig, s. d., p. 21 ss.

nisme. Mais d'autre part la science, tout en détruisant la réalité du sens commun, maintient le temps et l'espace. Elle conclut donc à un noumène soumis aux conditions du temps et de l'espace, c'est-à-dire à un système métaphysique déterminé désigné sous le nom de « réalisme transcendental ».

A la lumière des résultats auxquels nous sommes parvenus, nous ne pouvons évidemment reconnaître cette conclusion comme valable. Constatons d'abord que, contrairement à ce que semble supposer Hartmann, le mécanisme à son tour n'est pas un aboutissement ; ce n'est qu'une étape, tout comme le sens commun, une halte quelque peu artificielle sur un chemin qui n'en comporte pas. Nous avons écarté la plus grande partie des qualités sensibles, les déclarant, avec Démocrite, de convention, nous ne voulons en retenir que ce qui serait strictement nécessaire pour définir un corps. C'est ici que la difficulté se présente : que pouvons-nous retenir logiquement ? Selon la réponse que nous donnerons à cette question, la forme du système mécanique que nous adopterons variera : mais en scrutant les choses à fond, nous arriverons bientôt à la conviction que nous ne pouvons conserver aucune qualité sensible, l'atome ne peut même pas « loger » son impénétrabilité qui est manifestement une « qualité occulte », et le corps s'évanouit dans l'espace, ce qui a pour corollaire logique l'évanouissement de l'espace lui-même et du temps. Dès lors, en appliquant le raisonnement de Hartmann, on conclurait que la science nous amène, non pas à son « réalisme transcendental », mais à l'idéalisme ou, si l'on veut, au dogmatisme négatif le plus absolu, puisque sa formule serait : rien n'existe ni ne peut exister. Mais nous savons que le mécanisme n'est pas un *résultat* de la science. La science le confirme dans une certaine mesure, de même que l'expérience de la vie banale semble confirmer le réalisme naïf du sens commun — c'est toujours l'accord entre la raison et la réalité, accord partiel évidemment. Mais le mécanisme est par lui-même antérieur à la science ou, si l'on veut, simultané. Le fait que la science théorique construite à l'aide du mécanisme conserve les notions de temps et d'espace n'a rien d'énigmatique. C'est comme ces jeux numériques faits pour amuser les enfants et où ceux-ci, après toute une série d'opérations compliquées, s'émerveillent de retrouver leur chiffre initial. Enfin, dernier argument contre le raisonnement de Hartmann, on ne peut même pas dire que le mécanisme conserve réellement intacts les concepts d'espace

et de temps. Pour celui-ci, nous avons vu notamment que les théories mécaniques le supposent réversible, ce qui est assurément préparer son élimination et ce qui nous fait voir d'ailleurs, une fois de plus, que le mécanisme n'est qu'une étape.

Cependant, le processus même de cette élimination ne nous suggère-t-il pas qu'il pourrait y avoir quelque chose de fondé dans l'argumentation de Hartmann? En effet, si notre entendement postule l'élimination, la réalité résiste, et sa résistance se manifeste par le principe de Carnot (p. 263). Nous n'aurons donc qu'à changer le point de départ du raisonnement et à substituer au mécanisme le principe de Carnot; la généralité de cette formule ne prouve-t-elle pas que la réalité ne saurait être conçue indépendamment du temps? Sans doute, dans une certaine mesure. Ce que nous voyons en effet clairement par là, c'est que nous ne pouvons faire abstraction, dans la considération d'un phénomène, des conditions du temps. Mais cela, nous le savions dès l'origine; nous savions que tout phénomène extérieur était inimaginable pour nous en dehors des conditions de temps et d'espace; le principe de Carnot exprime simplement cette vérité d'une manière plus nette. La science, sur ce point encore, ne nous apprend rien sur le noumène, elle précise seulement ce fait qu'il y a, entre notre intelligence et le monde extérieur, un accord partiel. On peut partir du fait de cet accord pour conclure à l'existence du monde extérieur, comme l'a fait, entre autres, Leibniz[1]; mais on peut aussi se servir, comme les philosophes idéalistes, du fait que cet accord n'est que partiel, qu'il y a aussi désaccord, pour démontrer l'impossibilité du même monde extérieur. On peut enfin, comme Kant, tenter une conciliation en supposant que l'accord est dû à des éléments intuitifs mêlés indissolublement à notre sensation. Ce sont là des discussions qui sont du ressort exclusif de la métaphysique.

Il est facile de s'en assurer par l'étude de l'histoire de la philosophie. Si les solutions que les modernes ont proposées pour ces problèmes diffèrent de celles formulées dans l'antiquité ou pendant le moyen âge, c'est plutôt par la forme que par le fond, et il semble que le progrès des sciences physiques ne puisse influer précisément que sur cette forme de la solution. C'est que l'accord et le désaccord dont nous parlons se manifestent dès le sens commun. Nos sensations se présentent

1. Cf. COUTURAT. *La logique de Leibniz*. Paris, 1901, p. 258.

réellement en groupes et rendent possible la constitution d'un monde d'objets persistants (p. 339); mais dès que nous voulons pénétrer un peu plus profondément la nature des choses, nous voyons ce monde se dissoudre (p. 340). Dira-t-on que cette seconde évolution appartient déjà à la science? Sans doute, mais nous avons vu qu'il y a, à ce point de vue, entre la science et le sens commun une continuité absolue. Par le fait, l'atomisme appartient à l'aube de la pensée humaine, sens commun, science et métaphysique se confondent en lui pour ainsi dire.

La science, en progressant, n'abolit pas l'atomisme ; elle le développe et le précise au contraire. Mais, en même temps, elle pose aussi la conception antagoniste, par le principe de Carnot. En d'autres termes, elle tend à la fois à l'abolition de la réalité et à son affirmation. En elle, les deux tendances philosophiques opposées coexistent paisiblement. C'est donc qu'au point de vue métaphysique, on ne peut en tirer aucune conclusion allant au delà de l'énoncé d'Hermotime convenablement modifié.

Remarquons que nous répétons ici sous une autre forme cette proposition que jamais une théorie ne sera vraie tout simplement (p. 375). En effet, la théorie recherche une réalité se trouvant derrière celle du monde du sens commun, et il en résulte que l'être créé par la théorie ne saurait être considéré comme une chose en soi. Cependant, on a quelquefois attribué à des énoncés de ce genre un sens très différent. En déclarant que les hypothèses ne pouvaient se transformer en réalités, qu'elles n'étaient de leur nature ni vraies, ni fausses, qu'elles étaient par essence invérifiables — propositions parfaitement exactes si on les applique à la totalité de nos suppositions sur le monde extérieur — on a voulu affirmer une différence fondamentale entre le monde des théories et celui du sens commun. Or, cette différence, nous l'avons reconnu, n'existe pas à ce point de vue; et si, sous le terme de *réalité*, on comprend non pas celle de la chose en soi, mais celle de l'objet sensible tel que le conçoit le sens commun, la proposition devient certainement inexacte. D'abord, au point de vue historique, il est aisé de démontrer que des théories ont dû passer dans le sens commun. Le son n'apparaissait certainement point, à nos ancêtres très reculés, comme une vibration ; mais les hommes ont appris depuis bien longtemps à voir, à sentir ces vibrations dans certaines conditions et l'on ne saurait contester, semble-t-il,

que. pour une grande partie de l'humanité actuelle, le concept de ces vibrations ne fasse partie du son, en tant qu'objet réel. La transformation qu'ont subie, en tant qu'objets, le soleil, la lune, le ciel, rentre également dans le même ordre d'idées. Ensuite, nous l'avons vu, au point de vue philosophique, du moment que nous admettons une intervention de la mémoire dans notre perception, nous sommes bien forcés d'admettre aussi celle de notre *savoir*, ce qui nous amène également à affirmer l'évolution du sens commun. Ainsi donc, il est possible que ce qui a été d'abord une hypothèse, une supposition, s'accorde tellement bien, dans les conséquences que nous en tirons, avec nos sensations qu'une liaison, une association de plus en plus intime s'établisse, et que finalement celle-là soit instantanément et automatiquement évoquée par celles-ci. A ce moment, l'hypothèse fera partie de la réalité du sens commun, elle sera devenue, selon la terminologie de M. Le Roy, un fait brut. Mais, au point de vue logique, il y aura peu de chose de changé, les faits bruts n'étant au fond que des hypothèses causales tout comme les faits et les théories scientifiques.

L'élaboration des hypothèses scientifiques se fait bien par la continuation du processus qui crée les réalités du sens commun; mais le travail étant conscient, leur autorité s'en trouve amoindrie. Nous sentons qu'entre les hypothèses et les faits, il y a les lois; ces dernières, tout en ne prétendant pas, comme les hypothèses, pénétrer dans le secret du travail de la nature, nous apparaissent donc plus près des faits eux-mêmes. Aussi, quand la loi, stipulant la conservation d'un concept, a l'air de créer un véritable *objet*, presque une chose en soi[1], cette règle exerce sur notre esprit la double autorité des lois et des hypothèses. Ce n'est là évidemment qu'une forme un peu différente de l'explication que nous avons donnée antérieurement (p. 193), mais peut-être la trouvera-t-on plus immédiate sous ce nouvel aspect.

A un degré moindre, parce que dérivant moins directement du principe causal, participent à cette autorité toutes les lois susceptibles d'une interprétation mécanique ou spatiale, comme celles qui régissent le rayonnement de la chaleur ou comme la loi de Newton. M. Poincaré, en parlant de la loi d'attraction, attribue à la constante 2 qui s'y trouve en qualité

1. Il est permis de rappeler que le système de M. Ostwald aboutit à hausser l'énergie à cette dignité (p. 326).



d'exposant une dignité particulière; il la déclare *essentielle*, alors que la plupart des autres ne seraient qu'*accidentelles*. Il nous semble qu'on ne peut trouver à cette distinction d'autre fondement que le fait qu'il existe, dans le premier cas, une interprétation spatiale possible.

∴

Nous allons maintenant, à la lumière des résultats acquis au cours de ce travail, retourner à notre point de départ et aborder encore une fois l'important problème que nous avons traité au début, celui des rapports entre les deux principes de légalité et de causalité. Nous avions alors établi que le second ne saurait se déduire du premier, et ce que nous avons appris depuis n'a pu que confirmer cette conclusion. Le principe de légalité, en effet, domine la science tout entière; à mesure que la science étend son domaine, celui de la légalité s'accroît, puisque les limites des deux coïncident. Il n'en est pas de même du principe de causalité scientifique qui est une forme du principe d'identité. En postulant l'intelligibilité de la nature, il aboutit à sa destruction complète.

Nous venons cependant de constater que la nature se plie aussi aux exigences du principe causal, qu'il y a là une harmonie, partielle il est vrai, mais pourtant réelle. Ne se pourrait-il pas que ces deux constatations n'en fissent en réalité qu'une seule? Que l'obéissance totale à la légalité et l'obéissance partielle à la causalité fussent au fond une seule et même chose ou du moins s'entraînassent l'une l'autre? Pour poser le problème sous une forme un peu différente, le fait même de l'existence de règles ne peut-il pas avoir pour corollaire que certains concepts, certaines expressions, doivent rester constants? Bien des penseurs semblent avoir admis, plus ou moins explicitement, qu'on doit répondre affirmativement à cette question et c'est là encore, croyons-nous, une des sources d'où découle la confusion entre les deux principes de légalité et de causalité. Assurément, cette confusion est impossible si l'on prend le principe de causalité dans son sens strict : il postule en effet la conservation de tout, alors que la légalité stipule le changement. Mais c'est que nous ne saurions appliquer un seul instant la causalité avec cette rigueur. La nature existe, et ce fait seul suffit pour nous en empêcher. Donc, tout en prétendant faire profession de foi

en faveur du principe causal, nous faisons aussitôt une sorte de réserve mentale : il sera applicable non pas totalement, mais partiellement. Dès lors, la confusion dont nous venons de parler devient possible.

C'est à peu près ainsi sans doute que raisonnait Lucrèce. Après avoir solennellement proclamé que « rien ne vient de rien » et que « rien ne peut retourner au néant » — ce qui est le principe de causalité sous sa forme la plus absolue — il ajoute aussitôt que cette règle est nécessaire pour que « les arbres portent toujours les mêmes fruits ». Entend-il affirmer que ces fruits sont toujours là? Non pas, il sait fort bien qu'ils naissent et qu'ils périssent. Ce qu'il postule, c'est que quelque chose en eux — les germes, les atomes — persiste; c'est donc qu'aussitôt le principe énoncé, il a tacitement renoncé à l'appliquer avec rigueur. Mais, en revanche, l'application partielle lui paraît indispensable pour assurer l'ordre dans la nature, c'est-à-dire que comme nous venons de l'indiquer, le règne absolu de la légalité entraîne pour lui le règne partiel de la causalité.

Cette thèse a rencontré peu de contradicteurs. Newton l'a pleinement adoptée en la faisant suivre d'une sorte de démonstration très remarquable, sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure. Kant semble avoir partagé cette manière de voir[1]. Hartmann considère comme avéré que la légalité des phénomènes ne peut s'observer que si ceux-ci ont pour substrats des substances immuables[2]. Beaucoup de penseurs contemporains paraissent être également de cet avis. « Il est clair, dit M. Milhaud, que si le monde est gouverné par la loi, il y aura des quantités qui demeureront constantes.[3] » M. Bergson croit que « des visions stables sur l'instabilité du réel » nous sont commandées par le souci de la connaissance pratique de la réalité[4], en d'autres termes que pour pouvoir formuler des règles nous permettant d'agir, nous sommes forcés de sup-

1. Kant (*Kritik der reinen Vernunft*, éd. Rosenkranz und Schubert. p. 157), déclare que la persistance de la substance est « le substrat de la représentation empirique du temps lui-même. qui rend seul possible toute détermination du temps » (*an welchem alle Zeitbestimmung allein moeglich ist*). C'est donc qu'à son avis, sans la persistance de la substance, l'uniformité du temps et partant toute régularité des phénomènes disparaîtraient.

2. Hartmann, *l. c.*, p. 1, 9.

3. G. Milhaud. *Science et hypothèse*. Revue de métaphysique, XI, 1903, p. 786.

4. H. Bergson. *Introduction à la métaphysique*, ib., p. 21.

poser la conservation de certains concepts, ce qui revient évidemment, la forme plus subjective mise à part, à la thèse de M. Milhaud. Enfin M. Kozlowski adopte à peu près textuellement la déclaration de Lucrèce; après avoir fait ressortir que la persistance de la matière est un « postulat d'origine purement rationnelle » il ajoute : « C'est la condition *sine qua non* de la régularité dans le monde phénoménal. Dans un monde où *tout pourrait naître de tout* aucune régularité, aucune prévision et par conséquent aucune science ne serait possible[1]. »

Pour réfuter d'emblée cette opinion, il faudrait être en mesure de démontrer que la légalité pourrait régner seule, c'est-à-dire que nous pouvons imaginer un univers (qui ne serait pas le nôtre, bien entendu), lequel serait ordonné de manière à inspirer à une intelligence le contemplant l'idée de règle, mais d'où cependant tout ce qui pourrait suggérer l'idée d'une persistance, d'une identité des choses dans le temps, serait absent. Il suffit, semble-t-il, de formuler clairement cette proposition pour apercevoir combien la démonstration en est difficile. Il s'agit, en effet, de raisonner, *in abstracto*, sur la nature de l'univers, sur ses propriétés. Or, l'univers embrassant tout, les termes de comparaison font défaut. Peut-on dire même qu'il existe, peut-on affirmer qu'il a des propriétés? Cela n'a un sens que si je l'oppose au moi. En raisonnant sur ces propriétés, je serai forcément amené à comparer l'univers à ce qui n'en est qu'une partie ; qui sait si mes conclusions ne seront pas alors entachées d'erreur? Nous ne connaissons qu'un seul univers. Il *est seul* et est ce qu'il est. Tel qu'il est, il admet l'application à la fois du principe de légalité et de celui de causalité. Les deux sont, en lui, indissolublement liés. Comment les séparer?

Heureusement, l'analyse à laquelle nous nous sommes livré en ce qui concerne l'action du principe de causalité dans la science va nous permettre de descendre, des hauteurs de l'abstraction la plus quintessenciée où nous conduiraient infailliblement des considérations sur les univers possibles ou impossibles à concevoir, dans des régions jouissant d'une atmosphère un peu moins raréfiée.

Reprenons donc, une à une, les diverses manifestations du principe causal dans la science.

1. Kozlowski. *Sur la notion de combinaison chimique*. Congrès de philosophie de 1900, vol. III, p. 536.

Nous avons, d'abord, la théorie atomique. C'est à elle, nous venons de le voir, que pensait Lucrèce. A seize siècles de distance, Newton a développé, avec plus d'insistance, la même pensée. Après avoir résumé, en quelques traits d'une grande précision, ce qui constitue le fondement éternel de l'atomisme corpusculaire : « Dieu, au commencement des choses, a formé la matière en particules solides, massives (*massy*), dures, impénétrables, mobiles... Ces particules primitives étant des solides, sont incomparablement plus dures que n'importe quels corps solides composés d'elles ; elles sont même tellement dures qu'elles ne s'usent ou ne se brisent jamais », il continue : « Tant que les particules restent entières, elles peuvent composer des corps de même nature et de même structure (*texture*) en n'importe quel temps. Mais si elles s'usaient ou se brisaient, la nature des choses, qui dépend d'elles, serait modifiée. L'eau et la terre composées de particules vieilles, usées et de fragments de particules, ne seraient pas de même nature et de même structure à l'heure actuelle que l'eau et la terre composées de particules entières au commencement des choses. Et c'est pourquoi, afin que la Nature soit durable, les changements des choses corporelles doivent consister uniquement dans les diverses séparations et nouvelles associations et dans les mouvements de ces particules permanentes[1] ». En d'autres termes, le fait que les corps obéissent, en tout temps, aux mêmes lois, démontre qu'ils sont composés de particules impérissables : c'est bien ce qu'avait dit Lucrèce.

Quelle est la portée de ce raisonnement ? A première vue, on a l'illusion qu'il tend à établir un véritable lien logique entre les qualités des objets et la nature des particules dont ils sont composés ; mais il n'en est pas ainsi : Newton, si on lui avait demandé quelle était la grandeur et la forme des particules de l'eau ou de la terre (il pensait sans doute aux éléments aristotéliciens) et comment on pouvait en déduire les qualités de ces corps, eût certainement refusé de répondre. Et si Lucrèce eût été plus affirmatif en ce qui concerne les atomes dont il entendait composer ses arbres et ses fruits, il est certain que

1. Newton. *Oplicks*, 3e éd. Londres, 1721, p. 375. Un développement très analogue se trouve aussi chez Lucrèce, l. Ier, v. 552-565, 584-598. — Nous ne saurions dire si Newton a beaucoup lu le *De natura rerum*. Mais le raisonnement de Lucrèce se trouve reproduit chez Gassendi, *Opera*, Lyon 1658, vol. I, p. 261, où il a pu également l'emprunter.

ses suppositions ne nous paraîtraient pas bien concluantes ; en réalité, tous deux se fondent sur un énoncé qu'on peut formuler en ces termes : nous ne saurions nous imaginer les qualités des corps découlant d'autre chose que de celles des particules élémentaires qui les composent.

Sous cet aspect le raisonnement nous révèle sa véritable nature : c'est un raisonnement causal, une hypothèse sur la nature des choses extérieures, causes supposées des phénomènes. L'exposé de Newton, d'ailleurs, le confirme : loin de vouloir déduire par ce raisonnement la théorie atomique, Newton la pose comme prémisse. Or, la théorie atomique découle du postulat : il n'y a pas d'autre changement que le déplacement. On suppose donc implicitement que ce qui se déplace doit demeurer sans changement ; si c'est un atome matériel, il doit, bien entendu, être éternel. On n'a, dès lors, nulle peine à déduire comme conséquence ce qui était contenu dans les prémisses. La persistance des lois ne joue, en réalité, aucun rôle dans cette déduction, c'est une pure superfétation, et le raisonnement entier constitue simplement une preuve de plus de la peine que nous avons à nous limiter au phénomène, à nous abstenir de tout raisonnement causal, ce raisonnement étant le fond de notre intellect. Cela est si vrai qu'il nous reste après tout comme une sorte de doute : n'y aurait-il pas là autre chose, n'existerait-il pas entre la légalité et la causalité un lien plus profond et qui aurait échappé à notre analyse?

Tâchons d'approfondir davantage le raisonnement de Lucrèce et de Newton. Aussi bien sommes-nous, pour discuter cette matière, beaucoup mieux placés que les contemporains de l'un et de l'autre. Là où ceux-ci, en parlant de la composition des corps, ne pouvaient raisonner que sur de vagues conjectures, nous pouvons nous servir des concepts infiniment plus précis de la chimie contemporaine. Or, il suffit d'y jeter un coup d'œil pour reconnaître que la similitude des propriétés n'entraîne pas forcément celle des substances. Le bromure de césium et l'iodure de potassium sont deux corps qui se ressemblent à bien des points de vue ; pourtant, nous devons supposer, selon les théories régnantes [1], qu'ils n'ont rien de commun comme substances, que pas un seul atome du premier corps n'est identique à un atome du second. Mais, ce ne sont là

1. Bien entendu en faisant abstraction, pour le moment, des récents développements des théories électriques (Cf. p. 89 ss.).

encore que des combinaisons très simples, les plus simples que nous connaissions. A mesure que nous passons à des corps plus complexes, comme ceux qui forment l'objet de la chimie organique, nous voyons la nature de l'atome composant, influer de moins en moins sur les qualités du composé. Quand, dans une molécule organique un peu compliquée, nous rémplaçons un atome d'hydrogène par un atome de chlore, ses propriétés se modifient à peine, alors que le chlore et l'hydrogène sont des éléments doués de qualités extrêmement différentes. La modification est encore moins marquée si nous mettons à la place de cet atome d'hydrogène un groupe composé de carbone et d'hydrogène, comme CH^3, ou à la place du chlore le groupe AzO^2 ; dans les deux cas pourtant, substituant et substitué diffèrent beaucoup. Par contre, les mêmes atomes, rien qu'en se groupant autrement, peuvent constituer des ensembles manifestant des propriétés aussi distinctes que possible. Les éléments eux-mêmes, dans ce qu'on appelle leurs « modifications allotropiques », en fournissent des exemples probants : l'oxygène et l'ozone, le charbon et le diamant, le phosphore jaune et le phosphore rouge sont sans aucun doute des corps très différents ; pourtant, nous sommes bien obligés de supposer que la matière est restée la même et que son groupement seul a changé. Cela est peut-être plus évident encore si nous examinons les combinaisons, et surtout celles de la chimie organique. A l'origine même de cette science, la célèbre synthèse de Wœhler en offrait un exemple éclatant ; il est difficile d'imaginer deux corps plus différents que le cyanate d'ammonium et l'urée. Supposons une molécule organique un peu compliquée, soit, pour fixer les idées, du chlorhydrate de rosaniline qui est, comme on sait, la matière colorante connue sous le nom de *fuchsine*. Les atomes qui composent ce corps peuvent, surtout si nous ne nous contentons pas de la simple isomérie, si nous consentons à scinder la molécule, constituer des corps qui seront acides, bases, alcools, aldéhydes, acétones, etc. Par le fait, tous les corps organiques ayant à peu près la même composition élémentaire, quand nous mettons dans une soucoupe un morceau de craie, de l'eau et du nitrate de soude, nous pouvons avec son contenu les reproduire à peu près tous, et quand nous y aurons ajouté un peu de soufre et de phosphore, nous pourrons même nous élever jusqu'aux substances dont est fait le cerveau de l'homme. Évidemment, le

caractère particulier, le *quid proprium* de ces substances nous apparaît comme conditionné bien moins par les éléments dont elles sont composées que par leur groupement.

Que si nous nous élevons plus haut encore, jusqu'aux corps organisés, aux « arbres et fruits » de Lucrèce, nous serons sans doute obligés de quitter un peu le domaine solide des faits : la physiologie n'en n'est encore qu'à ses débuts et c'est à peine si la science peut formuler de vagues suppositions sur la véritable nature des réactions chimiques qui se produisent à l'intérieur des animaux et des plantes. Cependant, le peu de données qu'elle nous offre suffit pour indiquer quelle est, dans cet ordre d'idées, la marche de la pensée scientifique. Ainsi, voici une plante qui a poussé à l'intérieur des terres ; elle contient une certaine quantité de sels de potasse, comme nous pouvons nous en assurer facilement en analysant ses cendres. Nous la transportons au bord de la mer, dans un endroit où le sol est pauvre en potasse et riche au contraire en soude. Elle souffrira d'abord, mais avec des soins appropriés nous parviendrons à ce qu'elle se remette et en analysant ses cendres nous constaterons alors qu'une partie notable des sels de potasse a été remplacée par des sels de soude. Sans doute, le remplacement de la potasse par la soude n'est pas resté absolument sans influence sur d'autres propriétés, la plante diffère un peu, même extérieurement, de ce qu'elle était primitivement; mais n'oublions pas que le *type* de l'espèce n'est qu'un concept abstrait. Les individus qui le composent — nous en sommes sûrs d'avance par la « loi des indiscernables » — sont en réalité tous différents ; la question est de savoir si ces divergences sont suffisamment accentuées pour que nous soyons obligés de constituer une classification nouvelle. Elles ne le sont pas dans le cas actuel : les botanistes n'ont même pas désigné la plante ainsi transformée comme une *variété*. Nous pouvons donc dire, pour parler comme Lucrèce, que c'est encore la même plante et qu'elle porte les mêmes fruits. Pourtant, le changement que nous avons produit dans sa composition est considérable : nous ne pouvons un instant douter que la potasse ou la soude jouent un rôle important dans son développement, car si nous ne lui fournissons pas l'alcali nécessaire, elle ne pourra pas vivre. — Nous sommes, sans doute, beaucoup moins avancés en ce qui concerne les substances organiques que contient la plante; mais comme nous les savons de constitution extrêmement compliquée, nous

pouvons au moins concevoir (et c'est là tout ce qui nous importe pour le moment) que si, par un artifice quelconque, nous parvenions à remplacer une substance jouant un rôle considérable dans l'économie par son *homologue supérieur* (c'est-à-dire par une substance ayant même constitution, mais où à un atome d'hydrogène serait substitué un groupe CH^3), les propriétés de la substance se trouvant très peu modifiées, elle jouerait le même rôle, c'est-à-dire que ce serait encore *la même plante*.

Ce raisonnement, valable pour Lucrèce, ne semble pas l'être dans la même mesure pour Newton; il est certain, en effet, que si nous pouvons, avec des matériaux différents, constituer des ensembles *semblables*, nous ne parvenons pas à les obtenir *identiques*. Si compliquée que nous nous figurions la substance organique, la substitution à un atome d'hydrogène d'un atome de chlore ou à un groupe CH^3 y provoquera un changement de propriétés qui *peut* être peu apparent, mais qui *doit* être néanmoins nettement tranché : c'est que les corps chimiques, selon les théories régnantes, de par la fixité des éléments et la loi des proportions multiples, nous apparaissent comme des espèces absolument définies, sans aucune transition. Mais ces suppositions correspondent-elles à la réalité ? Il est peut-être permis d'en douter.

On se rend compte sans peine, si l'on scrute directement les phénomènes chimiques, que la théorie y met plus de régularité qu'ils n'en comportent réellement. Quand j'affirme que l'argent a telle ou telle propriété, je sais fort bien que, si mon énoncé n'est pas tout à fait grossier, il ne sera pas complètement vrai pour l'immense majorité des morceaux de ce métal qui me tomberont sous la main et qui pourtant constituent bien, en leur ensemble, l'espèce « argent ». Ce que le chimiste entend généralement sous ce nom, c'est ce qu'il désigne plus exactement par le terme « argent pur ». Nous avons déjà parlé des immenses travaux que Stas et ceux qui ont rectifié ses données ont dû entreprendre pour parvenir à ce corps ; évidemment, chaque fois qu'on voudra vérifier les affirmations de ceux qui l'ont tenu entre leurs mains, il faudra avoir recours à des préparations longues et minutieuses. La théorie atomique explique ces difficultés par le nombre immense des atomes d'argent contenus dans un gramme de ce métal et la forte attraction que ces atomes exercent sur d'autres d'un genre différent (par exemple sur

les atomes d'oxygène), d'où il résulte qu'il doit être extrêmement malaisé de préparer un gramme de matière ne contenant que de l'argent. L'explication est plausible. Mais ce qu'on cherche à expliquer ici, c'est ce fait que l'argent que je rencontre correspond si peu au schéma que je me suis fait, c'est-à-dire précisément le manque d'identité dans ses propriétés; on ne peut donc pas se servir de cette prétendue identité des propriétés pour en déduire la nécessité de l'atomistique.

Sans vouloir revenir aux idées de Berthollet, on peut même se demander si les énormes difficultés que les chimistes rencontrent pour déterminer tant soi peu exactement les poids atomiques ne proviennent pas de ce que ces constantes ne sont pas réellement immuables, mais varient entre certaines limites. Sir Will. Crookes, entre autres, paraît être de cet avis[1], et l'on peut très bien illustrer cette opinion en ayant recours aux nouvelles théories sur la constitution de la matière. Supposons, en effet, que l'atome chimique soit composé d'un grand nombre de particules (près de mille, nous dit-on), de sous-atomes. Ce serait donc en quelque sorte une molécule, mais une molécule infiniment plus compliquée que toutes celles que nous connaissons. Dès lors, d'après ce que nous savons sur ces sortes de constructions, la nature du sous-atome n'aurait que très peu d'influence sur les propriétés du Tout. Si l'un de ces sous-atomes se trouvait remplacé par un autre, plus ou moins analogue, le Tout aurait encore des propriétés tout à fait semblables : la situation est la même que pour les arbres et les fruits de Lucrèce.

Nous savons d'ailleurs que ce par quoi on prétend constituer ces sous-atomes, ces ions ou électrons, pour leur donner leur vrai nom, n'est autre chose que de l'éther. Les propriétés du composé ne sauraient donc découler de celles du composant, puisqu'il est entendu que ce dernier est unique, partout identique à lui-même. Dira-t-on que c'est au moins la fixité des propriétés de l'éther qui garantit celle des atomes, des molécules, et par conséquent la persistance des lois? Mais l'éther, nous le savons, ne doit pas avoir de propriétés, ou plutôt il ne doit en avoir que de négatives, puisque ce n'est qu'une hypostase de l'espace. C'est ainsi que nous aboutissons à cette conclusion, que la constance des lois n'aurait d'autre garantie que la fixité des propriétés de l'espace; c'est, sous

1. W. Crookes. *La genèse des éléments.* Revue scientifique, 1887, p. 203.

son apparence paradoxale, un pur truisme, puisque nous savons que, par convention préalable, la loi est indépendante du déplacement dans l'espace.

D'ailleurs nous aurions pu, par une voie plus rapide, mais peut-être par là même moins sûre, parvenir au même résultat. Observons en effet que les anciens atomistes, et Newton aussi très probablement, croyaient à l'unité de la matière. Donc pour eux également les propriétés des divers corps, si elles devaient découler de celles des atomes, ne pouvaient se déduire de celles de la matière des atomes, mais de leur figure. C'est ainsi, pour choisir un exemple concret, que Lémery attribue les qualités particulières des acides au fait qu'ils contiennent des « parties pointues[1] ». Or, la figure est une fonction spatiale, ce sont donc bien les propriétés de l'espace qu'on mettait en cause.

Ainsi, il n'est pas légitime de supposer que la ressemblance des propriétés doit forcément avoir sa source dans une identité fondamentale de la matière première. Ce serait revenir à la conception scolastique, d'après laquelle il devait y avoir dans tout individu de l'espèce chien un principe commun de « caninité », ou à la théorie prélavoisienne qui supposait dans les métaux un principe commun de *métallicité*. Il est certain que la nature contient un grand nombre d'objets qui se ressemblent, que nous avons le don de saisir cette ressemblance, de généraliser et de déduire ainsi des règles. Si nous nous arrêtons là, si nous nous abstenons de les « expliquer », d'en vouloir rechercher les causes, nous ne parviendrons pas aux conceptions atomiques ; que si, au contraire, nous nous lançons dans cette recherche, nous arriverons à attribuer de plus en plus les propriétés du composé à la vertu du groupement, et non pas à celles du composant que nous dépouillons au contraire graduellement de toute qualité[2] ; l'élément pri-

1. Cf. p. 316. — Le contemporain de Lémery, Sylvius (De le Boë) déduisait au contraire les propriétés des acides de ce qu'ils contenaient de la « matière ignée ». On voit ainsi nettement que le procédé du mécanisme qui consiste à attribuer les propriétés à la vertu du groupement s'oppose à celui des théories qualitatives qui maintiennent la propriété dans le composant.

2. C'est pour avoir entièrement méconnu cette « vertu du groupement », qui est une conception fondamentale de la science explicative, que Hannequin (*Essai critique*, p. 229, 237) arrive à affirmer que la science transporte toujours à l'atome les qualités requises par le tout qu'il compose — ce qui est dénier à la théorie mécanique toute utilité et tout sens possibles. M. Dastre, au contraire, insiste à juste titre sur l'importance de cette considération du groupement (*La vie et la mort*, p. 35, 237).

mordial que nous avons l'air de poursuivre nous échappe toujours et se résout finalement dans l'espace : c'est un processus dont nous avons suffisamment établi la légitimité, il est en corrélation étroite avec la tendance qui nous guide dans ces recherches, puisqu'il découle directement d'un principe qui est l'analogue, la continuation logique de celui de causalité proprement dit.

Après les théories atomiques, ce sont les principes de conservation qui constituent la manifestation la plus importante de la causalité dans la science. Peut-on supposer qu'il y a un lien intime entre ces énoncés et la légalité ; en d'autres termes. le fait même que nous pouvons soumettre les événements aux calculs n'exige-t-il pas que certaines expressions restent constantes ? C'est là ce que semble affirmer M. Milhaud ; mais cette thèse, loin d'être évidente, nous paraît au contraire très difficile à établir. Il est bien entendu que, pour étudier un phénomène, nous sommes obligés de le sortir artificiellement du grand Tout, de l'isoler, de le rendre aussi « pur » que faire se pourra ; nous ne suivons, dans la mesure du possible, que la variation d'un seul élément à la fois, en supposant que, pendant ce temps, tous les autres restent sans changement. Mais il ne s'ensuit pas que les éléments dont nous supposons momentanément la constance soient réellement immuables ; nous avons au contraire le sentiment très net que le phénomène « pur » que nous créons ainsi est une abstraction, que le phénomène naturel est infiniment complexe, et tout à l'heure, quand nous passerons à des phénomènes d'un genre différent, au chapitre voisin de la science, ce que nous posions comme constant nous apparaîtra comme variable et *vice versa*. Si, en mécanique, m apparaît comme constant, cela veut dire tout simplement que nous étudions les mouvements des corps en admettant que, pendant la durée des phénomènes dont nous nous occupons, la masse ne variera pas ou, ce qui revient au même, en supposant qu'il existe des phénomènes purement mécaniques. Nous ne nous occupons donc pas de l'état calorique, électrique ni chimique des corps dont nous traitons, nous le posons comme invariable. Mais, en réalité, nous ne doutons pas un seul instant que le phénomène mécanique ne soit accompagné de phénomènes caloriques, électriques ou chimiques. Et il ne s'ensuit aucunement que, quand nous étudierons à leur tour ces phénomènes, m doive encore rester constant. S'il en était autrement, on pourrait démontrer

directement la conservation de la masse par la mécanique; or, cette démonstration est de toute évidence impossible, il y a bien une certaine liaison entre les deux ordres d'idées, mais elle s'opère à l'aide du postulat : Tout phénomène est mécanique. Dès lors, tout phénomène accessoire, toute cause de trouble disparaissant par hypothèse, il est évident que la condition que nous imposions au phénomène mécanique devient générale. — Aux XVIIe et XVIIIe siècles, alors que la mécanique était déjà très développée, on ne croyait certainement pas à la conservation de la masse dans les phénomènes chimiques, et il n'y avait là nulle contradiction; de même que, si demain les observations de M. Landolt sont confirmées et généralisées, notre mécanique restera debout. En résumé : si l'existence d'un ordre dans la nature devait exiger la constance de certains termes, on devrait pouvoir déduire les principes de conservation du concept même de cet ordre. Or, nous n'avons qu'à nous reporter à notre analyse des trois principes : aucun n'a pu et ne peut être déduit *a priori*, tous ont eu besoin d'expériences; c'est donc que si l'expérience avait prononcé nettement en sens inverse, nous ne les aurions pas énoncés; la nature cependant, on n'en saurait douter, aurait continué à nous apparaître comme ordonnée. En fait, elle est apparue ainsi à nos ancêtres, et l'humanité a vécu de longs siècles avant de concevoir ces principes. Elle a néanmoins agi, c'est-à-dire prévu, ce qui ne saurait se faire sans postuler la légalité.

Enfin, le principe causal crée encore dans la science la tendance à l'élimination du temps et, par son extension à l'espace, découlant également du principe d'identité, la tendance à l'unification de la matière. Mais ce sont là des conceptions qui n'ont pas le moindre lien avec le principe de légalité. La loi, en stipulant des rapports définis entre l'antécédent et le conséquent, les diversifie nettement par là même, au lieu de les confondre : nous retrouvons ici l'antagonisme entre le principe de légalité et le principe de causalité dans son sens intégral — l'élimination du temps étant en effet une forme très avancée de ce principe. Cela est plus vrai encore pour l'unification de la matière et son aboutissement ultime, la dissolution de la matière en espace; cet évanouissement complet de la réalité constitue évidemment la conception la plus opposée à celle d'un monde réel, gouverné par des lois inéluctables.

Nous sommes donc amené à conclure que du fait même de la légalité de la nature on ne saurait déduire aucune des

conséquences que nous avons attribuées à l'action du principe d'identité. Le monde extérieur pourrait nous apparaître comme soumis à ces lois, sans que rien en dehors de ces lois n'y persistât. Ainsi que l'a dit Cournot : « S'il était prouvé que dans des circonstances convenables les corps peuvent être détruits sans qu'il n'en reste rien... les corps ne cesseraient pas pour cela de nous présenter le spectacle de phénomènes liés et bien ordonnés[1]. » Et d'ailleurs, ne se peut-il pas que les « constances » dont nous croyons établir l'existence ne soient qu'une apparence plus ou moins grossière ? Le principe de Carnot affirme un progrès continu dans le temps, et il nous est parfaitement loisible de présumer que le monde est régi uniquement par des principes de ce genre. A supposer que l'évolution, dans certains cas, fût infiniment lente, cela donnerait un monde de constances *réelles*, comme l'admettent nos principes de conservation actuels. Mais nous pouvons aussi la supposer simplement *très lente* et dès lors nos constances ne seraient qu'approximatives, évoluant constamment dans un sens déterminé. Mais même s'il en était ainsi, il ne serait pas vrai, comme on le fait dire à Héraclite[2], que toute espèce de persistance fût pure illusion. Car il n'en resterait pas moins que cette illusion est possible, que la nature s'y est prêtée avec complaisance, qu'il y a en elle quelque chose qui y correspond.

Il nous reste enfin à envisager une dernière hypothèse : celle où le principe de légalité se déduirait du principe d'identité, en serait une sorte d'abrégé, de raccourci. Nous avons vu que nous nous servons quelquefois du concept de loi alors qu'en réalité nous pensons à la cause. C'est une synecdoque, nous considérons l'établissement du rapport légal comme un acheminement vers celui du lien causal. Or, le principe de causalité se déduit de l'identité, fondement de notre raison ; ne se pourrait-il pas dès lors que notre croyance à l'ordre dans la nature provînt de ce qu'au fond nous la croyons soumise à l'identité[3] ? Cette hypothèse semble, à première vue, bien difficile à admettre. L'identité, nous le savons, nous apparaît comme quelque chose de désirable, mais de lointain, comme

1. Cournot. *Traité de l'enchaînement*. Paris, 1861, p. 156.

2. Cf. à ce sujet Appendice IV p. 426 ss.

3. C'est de cette manière que Spir conçoit le rapport des deux principes (*l. c.*, p. 72. 211, 217) et c'est sans doute parce que cette déduction lui paraît évidente, qu'il arrive parfois à les confondre.

un principe flexible qui s'accommode aux circonstances, admet des explications, engendre des illusions. La légalité au contraire est rigide, elle prétend gouverner tout ce qui n'est pas soumis au libre arbitre d'une volonté terrestre ou supraterrestre, elle ne comporte aucune exception. Comment cela a-t-il pu sortir de ceci, et sortir à l'aube même de l'intelligence humaine, puisque, nous l'avons vu, l'homme primitif (pour ne pas parler de l'animal) conçoit sans aucun doute nombre de phénomènes, tels que ceux de la gravitation, comme purement légaux? Encore une fois, cette supposition paraît bien difficilement admissible; cependant on n'ose affirmer qu'elle soit inacceptable. Notre individualité étant pour nous le type de toute unité, il y a en nous comme un secret penchant à croire à l'unité de notre intellect, penchant qui se trouve en quelque sorte gêné par la dualité du principe directeur que nous avons admis pour notre pensée scientifique. N'excluons donc pas absolument, sur ce point, l'idée d'unification. Insistons cependant sur ce fait que, du moins chez l'homme contemporain, en tant qu'il s'applique à la connaissance de la réalité, les deux principes doivent être considérés comme fonctionnant distinctement, bien que leur action s'enchevêtre sans cesse.

APPENDICES

I

LEIBNIZ, NEWTON ET L'ACTION A DISTANCE

Dès que Newton eut découvert la loi de la gravitation universelle, la question de l'action à distance se trouva posée et fut aussitôt agitée ; elle donna lieu à des querelles acerbes et retentissantes (voir par exemple, dans le *Recueil de lettres entre Leibniz et Clarke*, 1er écrit, § 1, et 5e écrit § 114, des allusions qui ont un fâcheux air d'appel au bras séculier — mais il n'est que juste de constater que Leibniz avait été précédé dans cette voie par les newtoniens, Cotes, dans sa fameuse préface aux *Principes*, ayant déclaré que la recherche des causes de la gravitation était un signe d'athéisme).

Il est d'autant plus curieux que des doutes aient pu surgir sur les véritables opinions des protagonistes. Newton était-il vraiment « newtonien », comme on disait au XVIIIe siècle ? N'a-t-il pas au contraire désapprouvé au fond l'hypothèse d'une action à distance, formulée par ceux qui se réclamaient de lui ? Leibniz qui « est parti d'un système dans lequel il rejetait l'attraction », n'a-t-il pas changé d'avis, en arrivant « à partager sur la nature de cette vertu, l'opinion des disciples immédiats de Newton », comme le formule M. Duhem (*L'évolution de la mécanique*, p. 39) ? Il est certain que les divers textes qu'on cite sont susceptibles d'interprétations de ce genre. Il nous semble cependant qu'à considérer dans leur ensemble les opinions de ces deux grands hommes, on arrive à confirmer la manière de voir des contemporains.

1° *Leibniz*. — Remarquons d'abord que si l'on tient à ce qu'il ait changé d'avis, ce ne pourra pas être dans le sens que nous venons d'indiquer. En effet, c'est surtout dans les œuvres de son âge mûr (après 1700) qu'il se prononce, avec une netteté qui ne laisse rien à désirer, contre les idées newtoniennes. Ainsi dans les *Nouveaux Essais*, datant de 1703, il dit : « On peut juger que

la matière n'aura pas naturellement l'attraction, mentionnée ci-dessus, et n'ira pas d'elle-même en ligne courbe, parce qu'il n'est pas possible de concevoir comment cela s'y fait, c'est-à-dire de l'expliquer mécaniquement », et dans la suite il qualifie cette hypothèse de *fainéante* et l'accuse de détruire « également nôtre Philosophie qui cherche les raisons, et la divine sagesse qui les fournit » (éd. Erdmann, p. 203). Dans la correspondance avec Clarke qui, datant des années 1715-1716, constitue le dernier des importants écrits de Leibniz (elle est certainement postérieure aux passages sur la force, etc., qu'on cite), il s'exprime, si possible, avec plus d'énergie encore. Transcrivons les passages les plus marquants; 4e écrit, § 45 : « Il est surnaturel aussi que les corps s'attirent de loin, sans aucun moyen; et qu'un corps aille en rond, sans s'écarter par la tangente, quoique rien ne l'empêchât de s'écarter ainsi. Car ces effets ne sont point explicables par les natures des choses. » — 5e écrit, § 35 : « Car c'est une étrange fiction que de faire toute la matière pesante, et même vers toute autre matière; comme si tout corps attiroit également tout autre corps selon les masses et les distances; et cela par une attraction proprement dite, qui ne soit pas dérivée d'une impulsion occulte des corps : au lieu que la pesanteur des corps sensibles vers le centre de la Terre, doit être produite par le mouvement de quelque fluide. Et il en sera de même d'autres pesanteurs, comme de celles des planètes vers le Soleil, ou entre elles. Un corps n'est jamais mu naturellement, que par un autre corps qui le pousse en le touchant; et après cela il continue jusqu'à ce qu'il soit empêché par un autre corps qui le touche. Toute autre opération sur le corps, est ou miraculeuse ou imaginaire. » — 5e écrit, § 113 : « C'est par là que tombent les *Attractions* proprement dites, et autres opérations inexplicables par les natures des créatures, qu'il faut faire effectuer par miracle, ou recourir aux absurdités, c'est-à-dire, aux *qualités occultes* scholastiques, qu'on commence à nous débiter sous le spécieux nom de *forces*, mais qui nous ramènent dans le royaume des ténèbres. C'est, *inventa fruge, glandibus vesci*. — § 114. Du temps de Mr. Boyle, et d'autres excellens hommes qui fleurissoient en Angleterre sous les commencements de Charles II, on n'aurait pas osé nous débiter des notions si creuses. J'espère que ce beau temps reviendra sous un aussi bon gouvernement que celui d'à présent, et que les esprits un peu trop divertis par le malheur des temps. retourneront à mieux cultiver les connoissances solides. Le capital de Mr. Boyle était d'inculquer que tout se faisoit mécaniquement dans la Physique. Mais c'est un malheur des hommes, de se dégoûter enfin de la raison même, et de s'ennuyer de la lumière. » Donc, pour rester d'accord avec les faits, il faudrait supposer que Leibniz, d'abord favorable à l'action à distance, se serait finalement tourné du côté adverse, ou bien alors, il aurait changé deux

fois d'opinion, et serait revenu, vers la fin de sa vie, à des opinions professées au début. Ces suppositions, certes, n'ont rien d'invraisemblable en elles-mêmes. Ce qui les rend cependant un peu malaisées, c'est un argument en quelque sorte psychologique que suggère la correspondance avec Clarke. Des écrits où Leibniz parle de la force étaient à ce moment publiés depuis longtemps. Il est peu probable que, vu la célébrité de leur auteur, Clarke les ait ignorés, voire même qu'il n'ait pas parcouru exprès les œuvres de son contradicteur pour y chercher des armes. Sans doute, le ton de Clarke est un peu plus modéré que celui de son illustre adversaire. Croit-on cependant que s'il avait pu mettre ce dernier en contradiction avec lui-même, il aurait laissé échapper cet *argumentum ad hominem?* Or, il n'y en a pas trace dans le *Recueil de lettres*. Mais on peut, croyons-nous, établir directement, par l'examen des textes mentionnés, que Leibniz dans cette question n'a pas changé d'avis, que ses opinions —, passablement difficiles à pénétrer à cause de la manière fragmentaire dont il aimait à s'exprimer et qui rend fréquemment obscures ses déclarations, en dépit de l'apparente clarté des phrases — ont été cependant, d'un bout à l'autre de sa carrière scientifique, tout à fait consistantes.

Notons d'abord que Leibniz, en traitant de ces matières, commence généralement par établir ce principe que « l'essence du corps » ne consiste pas dans l'étendue seule. Cela nous paraît tout à fait évident à l'heure actuelle (bien que, comme nous l'avons vu au chapitre VII, la science moderne en réalité tende également vers la supposition contraire) : mais la science à ce moment était cartésienne, et Descartes, on le sait assez, avait absolument confondu les deux concepts de matière et d'espace. Le premier en date des écrits cités par M. Duhem (il a été publié en 1691) porte précisément le titre *Lettre sur la question si l'essence du corps consiste dans l'étendue* (éd. Erdmann, p. 112-113). On y lit : « Tout cela fait connoître qu'il y a dans la matière quelque autre chose, que ce qui est purement Géométrique, c'est-à-dire, que l'étendue et son changement, et son changement tout nud. Et à le bien considérer, on s'aperçoit qu'il y faut joindre quelque notion *supérieure ou métaphysique sçavoir celle de la substance, action, et force ;* et ces notions portent que tout ce qui *pâtit* doit agir réciproquement, et que *tout ce qui agit doit pâtir quelque réaction ;* et par conséquent qu'un corps en repos ne doit pas être emporté par un autre en mouvement sans changer quelque chose de la direction et de la vitesse de l'agent. — Je demeure d'accord que naturellement tout corps est étendu, et qu'il n'y a point d'étendue sans corps. Il ne faut pas néanmoins confondre les notions du lieu, de l'espace, ou de l'étendue toute pure, avec la notion de la substance, qui outre l'étendue, renferme la résistance, c'est-à-dire, l'action et

la passion. » Antérieurement déjà, dans la *Réplique à l'abbé de Conti* (1687, éd. Dutens, vol. III, p. 199) il affirme « qu'il faudra admettre dans les corps quelque chose de différent de la grandeur et de la vitesse, à moins qu'on veuille refuser aux corps toute la puissance d'agir ». De même, dans le *De primæ philosophiæ emendatione et de notione substantiæ* (paru en 1694, Erdmann, p. 122), après avoir insisté sur sa notion de substance, il poursuit : « *Quod illi non satis percepisse videntur, qui essentiam ejus /sc. corporis/ in sola extensione... collocaverunt.* » Dans la courte *Lettre à un ami sur le cartésianisme* on lit : « C'est depuis quelque temps que j'ai des démêlés avec Messieurs les Cartésiens... Car quoique je demeure d'accord que le détail de la nature se doit expliquer mécaniquement, il faut, qu'outre l'étenduë on conçoive dans le corps une force primitive, qui explique intelligiblement tout ce qu'il y a de solide dans les formes des écoles. » (Erdmann, p. 123). De même il dit dans le *Supplément à la lettre à Fabri* (daté de 1702, *Mathem. Schriften*, éd. Gerhardt, vol. VI, p. 98) : « *Nempe corporis essentiam Cartesiani collocant in sola extensione, ego vero, etsi cum Aristotele et Cartesio contra Democritum Gassendumque Vacuum nullum admittam... puto tamen cum Democrito et Aristotele contra Cartesium aliquid in corpore esse passivum præter extensionem, id scilicet quo corpus resistit penetrationi.* » De même encore, dans la *Commentatio de anima brutorum* (1870, Erdmann, p. 463), il revient sur l'idée que l'étendue seule ne suffit pas à la conception du corps.

Mais du moment que cette « notion supérieure métaphysique » de « substance, action et force » doit en première ligne différencier le corps de l'espace et que, d'autre part, comme nous l'avons vu, aucune action à distance ne doit être admise, il reste donc qu'elle soit un principe d'action se manifestant au contact, en d'autres termes un synonyme de notre notion de *masse*, bien entendu telle que celle-ci est comprise par les physiciens qui excluent l'action à distance. Ce qui paraît contredire cette conception et a sans doute été une des principales sources d'erreur pour les commentateurs, c'est que Leibniz semble quelquefois déclarer que la notion de masse ne suffit point. Le passage en apparence le plus concluant à ce point de vue se trouve dans le *Système Nouveau de la Nature* (1695, Erdmann, p. 124) : « Mais depuis ayant tâché d'approfondir les principes mêmes de la Mécanique, pour rendre raison des loix de la Nature que l'expérience faisoit connoître, je m'aperçus que la seule considération d'une *masse étendue* ne suffisoit pas et qu'il fallait employer encore la notion de la *force*, qui est très-intelligible quoiqu'elle soit du ressort de la Métaphysique. »

La difficulté se résout si l'on prend garde que le terme de *masse* n'a pas ici la même signification que dans la mécanique moderne, Cela ressort clairement du passage suivant (*Supplément à la lettre*

à Fabri (déjà cité, p. 100). « *Porro τὸ δυναμικὸν seu potentia in corpore duplex est, Passiva et Activa. Vis passiva proprie constituit Materiam seu Massam, Activa ἐντελέχειαν seu formam.* » La même distinction entre la puissance passive et active de la matière apparaît dans la *Lettre à Wagner*, (1710, Erdmann, p. 466, § II) : « *Respondeo primo, principium activum non tribui a me materiæ nudæ sive primæ, quæ mere passiva est, et in sola antitypia et extensione consistit ; sed corpori seu materiæ vestitæ sive secundæ, quæ præterea Entelechiam primitivam seu principium activum continet.* » La suite explique encore plus clairement cette distinction : « *Respondeo secundo, resistentiam materiæ nudæ non esse actionem, sed meram passionem, dum nempe habet antitypiam, seu impenetrabilitatem, qua quidem resistit penetraturo, sed non repercutit, nisi accedat vis elastica.* » De même encore la *Commentatio de anima brutorum* porte : *Materia in se sumta seu nuda constituitur per Antitypiam et Extensionem. Antitypiam voco illud attributum, per quod materia est in spatio... Et proinde admittendum est aliquid præter materiam quod sit... principium... motus seu actionis externæ. Et tale principium appellamus substantiale, item vim primitivam ἐντελέχειαν τὴν πρώτην... quod activum cum passivo conjunctum substantiam completam constituit* (Erdmann, p. 463).

Ce principe actif apparaît en outre comme une grandeur intensive, cause du changement dans la nature : *Activum vel Potentia præditum est Thema (vel rerum status) ex quo sequetur mutatio certis quibusdam præterea positis inertibus, seu quæ talia sunt, ut ex ipsis solis positis utcunque nulla mutatio sequatur* (Cassirer, *Leibniz'System*, Marburg 1902, p. 336). Il est le principe qui crée les lois du mouvement puisqu'il est cause que la somme des forces vives ne saurait augmenter, un corps ne pouvant en pousser un autre qu'aux dépens de sa propre force, ainsi qu'il appert de la suite du *Supplément à la lettre à Fabri* (nous citons ce passage dans l'Appendice III, à propos du concept d'inertie chez Képler, p. 425).

Ainsi la différence entre la conception moderne de la masse et celle de Leibniz est en ce que, nous servant de ce terme, nous pensons à la fois au côté passif et au côté actif du phénomène; alors que Leibniz, quoiqu'il eût conscience, bien entendu, que les deux sont inséparablement liés (voir plus haut le passage de la *Lettre sur la question*, etc.), les séparait cependant par la pensée et appelait la faculté de pâtir *seule* antitypie, impénétrabilité ou masse, l'attribuant à la matière *première* ou *nue*, alors que la faculté d'agir était pour lui la *forme, entéléchie* ou *force* et constituait, ajoutée à la première, la *matière vêtue*. En supposant des corps qui fussent doués de l'antitypie seule, ç'auraient été en quelque sorte des corps durs, mais privés de toute élasticité ; ces expressions ne sont pas justes, en ce sens que le concept de dureté inclut pour nous une faculté d'agir, alors que Leibniz pensait réellement à une sorte de dureté purement passive, ayant

besoin, pour se manifester en action, de l'accession d'une force élastique. Cela se voit par le passage précité de la *Lettre à Wagner* et, plus clairement encore, par la suite du *Supplément à la lettre à Fabri* où il déduit que tout corps est essentiellement élastique. Mais cette *vis elastica* n'est pas la force ou entéléchie elle-même ; elle doit s'expliquer par cette force (qu'il appelle cette fois *force active*) et le mouvement : *quæ ex motu, adeoque et vi activa materiæ superaddita, derivari debet,* ajoute-t-il dans la *Lettre à Wagner* après les mots : *vis elastica*, et dans le *Supplement à la lettre à Fabri* il dit de même (*l. c.* p. 103) : *Hinc autem intelligitur, etsi admittatur vis illa primitiva seu Forma substantiæ..., tamen in vi elastica aliisque phænomenis explicandis semper procedendum esse Mechanice, nempe per figuras quæ sunt modificationes materiæ, et per impetus qui sunt modificationes formæ,* — le terme *mechanice* ayant ici, comme généralement chez Leibniz, la signification : par l'action de contact, c'est-à-dire à l'exclusion de l'action à distance ; quelquefois cependant il s'en sert pour indiquer ce qui a trait à la matière première ou nue seule, comme quand il dit (*Commentatio de anima brutorum*, Erdmann, p. 463) : *Itaque pro certo habendum est, ex solo mechanismo, seu materia nuda, ejusque modificationibus perceptionem explicari non posse, non magis, quam principium actionis et motus.* Il y a là évidemment un certain flottement de la nomenclature qui a contribué au malentendu dont nous avons parlé. (Sur le double concept de la masse chez Leibniz, cf. aussi E. Cassirer, *l. c.*, p. 333-342, 515).

Le passage que nous venons de citer en dernier lieu montre en outre que Leibniz rattachait également à ce concept de force la perception ainsi que l'âme des animaux. C'est un point de vue sur lequel il insiste beaucoup dans la plupart des écrits que nous avons mentionnés au cours de cet *Appendice*. Nous avons quelquefois dû tronquer les citations, en remplaçant par des points tout ce qui se rapporte à cet aspect de la question afin de ne pas gêner notre déduction. L'exposé le plus clair s'en trouve dans la *Lettre à Wagner : Respondeo tertio : Hoc principium activum, hanc Entelechiam primam, esse revera principium vitale, etiam percipiendi facultate præditum, et indefectibile, ob rationes dudum a me allegatas. Idque ipsum est, quod in brutis pro anima ipsorum habeo.* Si l'on fait attention que Leibniz dans le *Système Nouveau* (cf. p. 285 et 408), en introduisant la notion de *force*, la déclare, sans autre explication, « très intelligible quoi qu'elle soit du ressort de la Métaphysique » — dans un passage analogue du traité *De primæ philosophiæ emendatione* (Erdmann, p. 122), il ajoute après les termes *vis seu virtus* la parenthèse : « quam Germani vocant *Kraft* Galli *la force* », ce qui montre bien qu'il fait appel non pas à une abstraction savante mais à une notion du sens vulgaire, — on arrive à la conclusion que Leibniz pensait à ce que nous appelons la *sensation d'effort*. Dès

lors, il ne paraît pas trop hardi de constater une parenté entre ses conceptions et celles de Schopenhauer, qui dit qu'en exerçant un acte de volonté nous nous trouvons « derrière les coulisses de la nature » (cf. chap. IX, p. 284).

Si l'on admet que Leibniz se servait du terme *intelligible* dans le sens que nous venons d'indiquer, sa déclaration relative à l'intelligibilité complète de la nature (voir plus haut, chap. IX, p. 272) prend un sens très différent. Il semble d'ailleurs qu'on soit forcé d'avoir recours à cette interprétation, car, nous l'avons vu, Leibniz a conçu la sensation comme inexplicable par le mécanisme (p. 265), et le concept de l'harmonie préétablie (p. 277) prouve qu'il rangeait dans la même catégorie l'action transitive ; l'une et l'autre se passant apparemment dans une sphère supérieure aux choses que « l'ange » pourrait expliquer, et ne pouvant être atteintes par une « analyse infinie ». Remarquons, pour éviter tout malentendu, que même en l'interprétant ainsi, le postulat de Leibniz diffère de notre conception, car il suppose que le mécanisme (en négligeant l'irrationnel qu'il recèle), peut entièrement *expliquer* la nature (à part la sensation) ; alors que, selon nous, cette « explication » par le mécanisme ne vise réellement que l'identité, laquelle est irréalisable comme le montre le principe de Carnot.

Nous avons préféré, dans le texte, prendre à la lettre l'affirmation de Leibniz, parce qu'elle nous offrait l'occasion de préciser notre pensée. Il semble d'ailleurs que Schopenhauer l'ait comprise ainsi ; la déclaration citée par nous (bien que le nom de Leibniz ne soit pas mentionné), y fait certainement allusion ; il est d'ailleurs plus que probable que Schopenhauer n'avait pas conscience de la parenté des conceptions que nous avions constatée.

On sait que Leibniz superposait au monde physique du mécanisme un monde métaphysique de monades ; et la difficulté à laquelle on se heurte en voulant saisir sa pensée devient particulièrement sensible quand il s'agit de comprendre, comme dans la question que nous venons de traiter, comment s'opérait cette superposition.

2° *Newton*. — Il est certain que Newton n'a jamais expressément affirmé que la gravitation était due à une véritable action à distance. Mais la deuxième édition des *Principes*, parue en 1713, est précédée d'une préface de Roger Cotes qui contient à ce sujet des déclarations très nettes. La gravitation est une qualité essentielle de la matière, au même degré que l'extension, la mobilité et l'impénétrabilité ; ce n'est pas une qualité occulte, puisqu'on peut directement démontrer son existence : *ex Phænomenis ostensum est hanc virtutem revera existere*. Peut-on supposer que Newton ait été, dans cette question si essentielle, en désaccord absolu avec son disciple et qu'il l'ait néanmoins laissé faire, au risque d'être com-

promis par lui? On sait que Newton détestait cordialement, fuyait systématiquement tout ce qui ressemblait à une discussion, à une polémique. Est-il croyable qu'il ait laissé passer pour siennes des opinions qui forcément devaient choquer ses contemporains, lui attirer des contradictions et des querelles. si ces opinions étaient diamétralement opposées à celles qu'il professait réellement? N'est-il pas infiniment plus probable qu'il les approuvait tacitement, selon la juste expression de M. Rosenberger (*Geschichte* III, p. 2)?

A l'égard de ces déductions, à l'égard du sentiment unanime des contemporains et de la postérité immédiate, on cite un certain nombre de textes. Le plus précis en apparence est un passage d'une lettre à Bentley (datée du 25 févr. 1692, *Opera* éd. Horsley. Londres, 1785 p. 438) : *That gravity should be innate, inherent and essential to matter, so that one body may act upon another through a* vacuum, *without the mediation of anything else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity, that I believe no man who has in philosophical matters a competent faculty of thinking, can ever fall into it.* Mais, à y regarder de près, on s'aperçoit que cette déclaration est bien moins concluante qu'elle n'en a l'air. On verra plus bas que Clarke, avec un peu moins d'emphase, s'est exprimé d'une manière à peu près analogue ; et pourtant on ne saurait douter qu'il fût, à notre point de vue, partisan de l'action à distance. Newton ne dit pas du tout que l'action ne lui semble possible que par le contact de deux corps ; il déclare seulement qu'un corps, pour agir sur un autre, a besoin d'un intermédiaire ; il laisse complètement dans le vague la nature de ce « quelque chose », et notamment n'affirme point que ce doit être une chose de nature matérielle. — Il parait que ce à quoi Newton pensait réellement, c'était l'intervention d'une sorte de milieu ou de principe immatériel ou spirituel dont il avait emprunté l'idée à la doctrine semi-théologique de Henry More, philosophe de la seconde moitié du XVIIe siècle, dont les conceptions semblent avoir joui d'une autorité considérable à l'époque. On en trouvera l'exposé chez M. Lasswitz (*Wirklichkeiten*, 2e éd., p. 42 ss.) et l'on y verra comment, les tendances religieuses de Newton aidant, ce qui fut à l'origine une sorte d'article de foi théologique se transforma chez lui en théorie scientifique que son autorité fit ensuite accepter autour de lui. Au point de vue strictement physique, cela est clair, ces conceptions revenaient bien à une action à distance pure et simple. Clarke, dans sa discussion avec Leibniz (4e réplique, § 45, Erdm., p. 762) fait encore allusion à un principe immatériel : « Il est vrai que si un corps en attiroit un autre, sans l'intervention d'aucun moyen, ce ne serait pas un miracle, mais une contradiction ; car ce seroit supposer qu'une chose agit où elle n'est pas

Mais le moyen par lequel deux corps s'attirent l'un l'autre peut être invisible et intangible et d'une nature différente du mécanisme. » Cotes, au contraire, en fait abstraction ; si Newton a permis que la théorie fût exposée de cette manière, c'est probablement qu'étant arrivé à la conviction qu'au point de vue scientifique ces deux genres de conceptions aboutissaient au même, il jugea préférable d'écarter dans un livre de physique ce qui était en somme une hypothèse théologique. Il est clair d'ailleurs qu'on peut concevoir la *force* comme ce « quelque chose » d'intermédiaire dont parle la lettre à Bentley ; mais il est à remarquer que ce terme même de force y est appliqué évidemment non pas à l'action à distance, mais, comme chez Leibniz, à l'action par contact.

En dehors de la lettre à Bentley, on peut faire valoir plusieurs passages plus ou moins ambigus disséminés dans les *Principes* et l'*Optique*. L'un des plus explicites suit, dans les *Principes*, le fameux *hypotheses non fingo*. Mais la citation vaut d'être reproduite en son entier : *Rationem vero harum Gravitatis proprietatum ex Phænomenis nondum potui deducere, et Hypotheses non fingo. Quicquid enim ex Phænomenis non deducitur,* Hypothesis *vocanda est ; et Hypotheses seu Metaphysicæ, seu Physicæ, seu Qualitatum occultarum, seu Mechanicæ, in* Philosophia Experimentali *locum non habent. In hac Philosophia Propositiones deducuntur ex Phænomenis, et redduntur generales per Inductionem. Sic impenetrabilitas, mobilitas, et impetus corporum et leges motuum et gravitatis innotuerunt. Et satis est quod Gravitas revera existat, et agat secundum leges a nobis expositas, et ad corporum cœlestium et maris nostri motus omnes sufficiat* (*Principia*, Amsterdam, 1714, p. 487).

Assurément, si l'on isole les phrases *In hac philosophia*, etc., elles ont l'apparence d'une profession de foi comtiste. Mais il suffit, à cet égard, de se reporter à la première phrase : *Nondum potui...* Ce que Newton voulait dire, c'est que, dans l'exposé des résultats de recherches scientifiques, il faut s'abstenir de formuler des suppositions qui ne seraient pas confirmées par des faits ; mais il ne distinguait pas, à ce point de vue, entre des suppositions relatives à des lois et celles concernant le mode de production. Surtout, il n'entendait pas nier que ces suppositions fussent utiles pour guider le savant et encore moins songeait-il à interdire les recherches sur le mode de production. La suite du même passage le prouve surabondamment. C'est un exposé un peu nébuleux, où il est question *de Spiritu quodam subtilissimo corpora crassa pervadente et in iisdem latente.* Newton attribue à cet être hypothétique les phénomènes de la cohésion, de l'électricité, de la lumière ; de même *Sensatio omnis excitatur et membra Animalium ad voluntatem moventur, vibrationibus scilicet hujus Spiritus per solida nervorum capillamenta ab externis sensorum organis*

ad cerebrum et a cerebro in musculos propagatis. Newton ajoute : *Sed haec paucis exponi non possunt; neque adest sufficiens copia Experimentorum, quibus leges actionum hujus Spiritus accurate determinari et monstrari debent.* Evidemment, il s'agit ici d'une véritable hypothèse sur le mode de production, et si Newton s'abstient de la développer, c'est uniquement parce que ses recherches ne sont pas assez avancées. — Quant à la nature de cette hypothèse, elle dérive sans doute des conceptions de More et il est peu probable que l'action par contact aurait gagné à ce qu'elle fût exposée plus amplement.

Par contre, on trouve en effet, dans *l'Optique*, des passages d'où il semble ressortir que Newton, à un certain moment, a bien songé à réduire la gravitation à l'action mécanique d'un milieu. Dans le II[e] avertissement à la XXI[e] question (3[e] éd. Londres 1721, p. 325), Newton se défend même expressément d'avoir supposé l'action à distance : *And to shew that I do not take Gravity for an Essential. Property of Bodies, I have added one Question concerning its Cause, chusing to propose it by way of a question, because I am not yet satisfied about it for want of Experiments.* Dans la *Question* même, il parle en effet d'un milieu conçu évidemment comme matériel, qui serait plus rare dans l'intérieur du soleil, des étoiles, des planètes et des comètes que dans les espaces célestes vides ; ce milieu, devenant de plus en plus dense à mesure qu'on s'éloigne de ces corps, serait la cause de la gravitation des corps célestes les uns envers les autres et des parties de ces corps envers les corps eux-mêmes. — La forme même de ce morceau conçu comme une interrogation et les précautions oratoires de l'avertissement font voir que Newton ne prenait pas ces déclarations trop au sérieux et si, dans la préface à la 2[e] édition de *l'Optique*, il a inséré quelques phrases où il semble encore protester contre l'opinion qui lui attribue une action directe à distance, il n'a pourtant pas songé à supprimer les passages de la Question XXXI où il a tracé le programme d'une physique qui ramènerait tous les phénomènes à des actions à distance exercées par les particules des corps.

Ce n'étaient apparemment que des formules « de style » insérées par précaution et destinées à prévenir des polémiques que Newton fuyait volontiers. Les contemporains, cela est certain, ont compris que c'était là sa véritable pensée et tout semble indiquer qu'ils avaient raison. On peut supposer que Newton, avant de parvenir au concept de l'action à distance, a dû tâtonner; c'est probablement à cette époque qu'il aura fait quelques efforts en vue d'expliquer l'action de la gravitation par celle d'un milieu matériel; il s'est habilement servi plus tard de ces quelques vagues tentatives pour donner un semblant de satisfaction à ses adversaires.

Il convient cependant de reconnaître que cette manière de voir au sujet des opinions fondamentales de Newton ne peut être étayée sur des preuves directes. On voit par la *Correspondance* avec Cotes (*Correspondence of Sir Isaac Newton with Prof. Cotes*, etc. by. J. Eddleston, Londres 1850, p. 158) que Newton, qui revoyait soigneusement les épreuves de la seconde édition, lesquelles lui étaient envoyées au fur et à mesure, a expressément refusé de parcourir celles de la préface de Cotes. *I must not see it, for I find I shall be examined on it*, écrit-il à son disciple. (Cotes avait d'abord, assez bizarrement, proposé que Newton seul, ou avec Bentley, écrivît cette préface, s'engageant d'avance à la signer et à la défendre ensuite, mais Bentley, au nom de Newton et au sien propre, avait repoussé d'emblée cette proposition, *ib.* p. 150), Eddleston pense (*ib.* p. 150) que le refus de Newton était motivé par les attaques dirigées par Cotes contre Leibniz, à propos du calcul infinitésimal, attaques dont Newton aurait voulu laisser l'entière responsabilité à son disciple. Mais on peut supposer à la rigueur que les opinions tranchées de Cotes, en ce qui concerne la gravitation, y étaient pour quelque chose et que Newton ne les approuvait pas pleinement. Il reste, cependant, infiniment plus probable que sa désapprobation (en la supposant réelle) s'adressait plutôt à la forme qu'au fond des conceptions de Cotes.

Il est curieux de constater que Cotes lui-même, plus tard, s'est exprimé de manière à affaiblir ses déclarations concernant la nature essentielle de la gravitation (*ib.* p. 158).

II

LES PASSAGES DE PLUTARQUE ET DE SIMPLICIUS

Pour le passage de Plutarque, nous nous sommes servi dans le texte (p. 97) de la traduction de *Bétolaud* (Paris, 1870, p. 139). La manière très approximative dont s'y trouvent rendues certaines expressions favorise, semble-t-il, la confusion. Voici une version que nous avons cherché à rendre aussi littérale que possible : « Et ce qui aide la lune à ne pas tomber, c'est son mouvement et la rapidité de sa révolution. Ainsi les objets placés dans une fronde ne peuvent tomber par suite du tournoiement en cercle. Car le mouvement qui est conforme à la nature conduit chaque chose si elle n'est pas détournée par quelque autre. C'est pourquoi la pesanteur ne conduit pas la lune, parce que le mouvement circulaire repousse l'inclination vers le bas. »

Le terme que Bétolaud a traduit par *neutralise* est ἐκκρουόμενον ; il signifie *chasse*, *écarte*, *repousse*. *Duebner* dans sa traduction latine (Paris, 1856) l'a rendu par *excutit*. Le terme ῥοπή que nous avons

rendu par *inclination vers le bas* est employé couramment pour désigner la force qui fait pencher le fléau d'une balance; on peut donc le traduire aussi par *pesanteur*, comme l'a fait Bétolaud; nous avons cependant préféré un terme moins précis, pour le distinguer de βάρος qui le précède.

Le passage de Simplicius a été indiqué par Wohlwill (*Archiv fuer Voelkerpsychologie*, vol. XV) et résumé par M. Vailati (*Le speculazioni di Giovanni Benedetti*, etc. Ac. de Turin, 1897-1898, p, 23). Nous n'en connaissons pas de traduction et c'est pourquoi nous la tentons ci-dessous :

« Hipparque, dans son περί τῶν διὰ βαρύτητα κάτω φερόμενων au sujet des objets projetés vers le haut, au-dessus de la terre, dit que l'impulsion (ἰσχύς, *impetus*) qui a projeté vers le haut, tant qu'elle prédomine sur la force (δύναμις, *potentia*) est cause de l'ascension et que la vitesse de l'ascension de l'objet lancé est proportionnelle à cette prédominance; mais quand celle-là (ἰσχύς) diminue, l'objet n'est plus porté vers le haut avec la même vitesse et ensuite l'objet lancé se porte vers le bas par suite de son inclination (ῥοπὴ, pesanteur) propre, alors qu'il subsiste encore quelque chose de la force (δύναμις) qui fait monter, puis celle-ci s'évanouissant graduellement, l'objet porté vers le bas s'y porte toujours plus vite et atteint le plus haut degré de vitesse quand la force qui a projeté vers le haut finit par faire défaut. Il donne la même cause pour les objets abandonnés de haut en bas; car il y subsiste dans une certaine mesure la force de ce qui les a retenus, laquelle force agissant en sens contraire détermine au début la lenteur de la descente. » Aristote. *Opera*, éd. Bekker, vol. IV; *Scholia*, éd. Brandis, p. 485.

III

LES COPERNICIENS ET LE PRINCIPE D'INERTIE

Nous avons vu (p. 99, note 4) que, d'après M. Rosenberg, le triomphe des théories géocentriques dans l'antiquité est lié à l'absence du concept d'inertie.

Cette remarque est certainement fort juste. Notre sensation immédiate semble à première vue nous donner une certitude absolue en ce qui concerne le mouvement et le repos; le principe d'inertie détruit cette certitude, en nous convainquant que les phénomènes que nous considérions comme caractérisant le repos sont en réalité ceux du mouvement rectiligne et uniforme, et dès lors nous pouvons envisager le mouvement de ce qui nous paraît en *repos apparent*.

Toutefois, cette manière de voir entraine une grosse difficulté

historique. Il faudrait, en effet, logiquement que le principe d'inertie fût antérieur, dans le temps, à la théorie héliocentrique ou que les deux eussent été, au moins, énoncés simultanément. Or, M. Rosenberger lui-même attribue le principe d'inertie à Galilée. Quelles pouvaient donc être, à cet égard, les opinions de Copernic lui-même et de ceux qui ont adhéré à sa doctrine, dans l'intervalle qui sépare l'apparition du *De revolutionibus* (1543) des publications de Galilée et même, selon nous, on l'a vu, à certains égards de celles de Descartes? Les historiens de la physique, en parlant des hommes de l'époque en question, ne semblent pas avoir projeté, sur cette matière, toute la clarté désirable.

C'est sans doute parce qu'il a eu conscience de cette difficulté que M. Painlevé a formulé une curieuse théorie sur l'origine du principe d'inertie (*Bulletin de la Société française de philosophie*, 5e année, 1905, p. 36-37). L'éminent mathématicien suppose que Copernic et les *Coperniciens* concevaient bien le principe dans sa généralité; s'ils ne l'ont pas énoncé, c'est uniquement à cause du danger matériel qu'aurait présenté une telle affirmation. Il semble bien, cependant, que dans les discussions théologiques qui ont surgi à propos de ces théories (comme par exemple dans le procès de Galilée) il soit à peu près uniquement question du mouvement de la terre. Postérieurement à la condamnation de Galilée, Descartes, dont on connaît la prudence, énonce le principe d'inertie sans, apparemment, avoir le moins du monde conscience d'émettre une opinion téméraire au point de vue religieux; alors qu'en parlant du mouvement de la terre il use au contraire de précautions infinies.

Nous croyons, néanmoins, qu'il y a dans la théorie de M. Painlevé une grande part de vérité, que Copernic et ses successeurs immédiats se sont réellement appuyés sur un principe implicitement entendu et relatif au mouvement. Toutefois, ce principe n'était pas notre principe d'inertie, mais un énoncé beaucoup moins précis et d'ailleurs en partie erroné qu'on pourrait appeler le *principe du mouvement relatif*.

Constatons d'abord que, chez Copernic, les corps stellaires ne sont nullement mus par l'inertie. Nous avons mentionné dans le texte son opinion au sujet du mouvement circulaire naturel et de l'absence de force centrifuge résultant de la rotation de la terre. On peut citer, dans le même ordre d'idées, ce qu'il dit au sujet du fameux « troisième mouvement » de l'axe terrestre. Copernic, apparemment, eût considéré comme naturel que l'axe de la terre décrivît un cône autour de l'axe de l'écliptique; il crut donc devoir doter la terre, en dehors des deux mouvements de rotation et de révolution, d'un autre mouvement encore, destiné à maintenir son axe dans la même inclinaison par rapport au plan de l'écliptique : *Sequitur ergo tertius declinationis motus annua quoque revolutione, sed*

in praecedentia, hoc est contra motum centri reflectens. Sicque ambobus invicem aequalibus fere et obviis mutuo evenit, ut axis terrae, et in ipso maximus parallelorum aequinoctialis in eamdem fere mundi partem spectent, ac si immobiles permanent. (*De revolutionibus orbium cœlestium*, Thorn 1873, cap. XI, p. 31.)

Ces théories ne constituent pas une preuve absolue : nous avons vu, en effet, que Descartes lui-même n'a pas toujours traité correctement du mouvement de rotation des planètes. — Copernic ne s'est pas occupé directement de mécanique; il n'a parlé des phénomènes du mouvement des corps terrestres que pour expliquer leur rapport au mouvement de la terre elle-même. Nous allons donc nous demander d'abord quel est l'énoncé dont il avait besoin pour sa théorie.

A ce point de vue, les opinions de Nicolas de Cusa, que nous avons résumées dans le texte, nous sont d'un précieux secours. Sans doute, Cusa n'était qu'un simple précurseur; il y a loin de ses vagues affirmations à la claire théorie des mouvements planétaires formulée par le grand Polonais. Il n'en reste pas moins que Cusa avait envisagé la possibilité d'un mouvement de la terre. Bien entendu, en ce faisant, il avait conscience de heurter de front la conviction résultant de notre sensation immédiate pour laquelle la terre est quelque chose de stable. Comment s'y prenait-il donc pour écarter cette grave objection? Il faisait valoir l'exemple du navire qui, à ceux qui se trouvent à bord, semble immobile, s'ils ne voient pas les rives. A première vue, on dirait qu'il y a là notre principe d'inertie tout entier. Mais il faut prendre garde : pas plus que Sextus Empiricus, Cusa n'indique que son énoncé soit limité au mouvement rectiligne et uniforme. Au contraire, dans son idée, il s'appliquait certainement à tout mouvement quel qu'il fût. Si nous devions en préciser la teneur, nous le formulerions à peu près en ces termes : *il est impossible de conclure, par la sensation immédiate ni par l'observation de phénomènes mécaniques, si un corps est en mouvement ou non.* C'était donc un énoncé en quelque sorte purement négatif, déclinant simplement, pour la théorie du mouvement terrestre, le contrôle de la mécanique — négation assez explicable, en somme, si l'on pense à ce qu'était la physique de ce temps, entièrement soumise au péripatétisme. Mais il est clair qu'une proposition ainsi conçue ne pouvait servir à grand'chose en mécanique et qu'il était notamment impossible d'en déduire la décomposition du mouvement du jet, laquelle a été le vrai point de départ du principe d'inertie. C'est ce qui explique que Cusa, quand il a conçu le mouvement persistant dans un plan horizontal, ne l'a aucunement rattaché à sa conception de la relativité du mouvement.

Tout indique que Copernic, à ces divers points de vue, professait des opinions analogues. De même que Cusa, il se sert de

l'exemple du navire; il cite à ce propos un vers de Virgile, citation très appropriée, car le poète y dépeint la sensation immédiate, évidemment trompeuse dans ce cas : *Provehimur portu, terraeque urbesque recedunt.* (*De revolutionibus*, Thorn 1873, p. 22). Il arrive ainsi à réfuter le témoignagne de nos sens en ce qui concerne la réalité du mouvement : *Quamquam in medio mundi terram quiescere inter autores plerumque convenit, ut inopinabile putent, sive etiam ridiculum contrarium sentire. Si tamen attentius rem consideremus, videbitur haec quaestio nondum absoluta, et idcirco minime contemnenda. Omnis enim quae videtur secundum locum mutatio, aut est propter spectatae rei motum, aut videntis, aut certe disparem utriusque mutationem. Nam inter mota aequaliter ad eadem, non percipitur motus, inter visum dico et videns.* (*Ib.*, p. 16.)

On pourrait supposer que Copernic avait conscience qu'il s'agissait, en l'espèce, d'un mouvement particulier, de ce que nous appelons le mouvement inertial; l'expression *mota aequaliter ad eadem* semble autoriser en quelque sorte une interprétation de ce genre (la version allemande de Menzzer, Thorn 1877, traduit *ad eadem* par *in gleicher Richtung*, ce qui est un peu plus précis que le texte latin et semble se rapprocher encore davantage de nos conceptions actuelles). Mais il est clair, par le contexte, que Copernic a voulu dire tout simplement que, si l'observateur et l'objet observé ne sont pas doués du *même* mouvement, comme il y a déplacement relatif, le mouvement devient évident. Non seulement il ne faisait, à ce point de vue, aucune différence entre les mouvements rectiligne et curviligne, mais ce dernier, dans certains cas, lui apparaissait comme privilégié, c'est lui surtout qui donnait la sensation du repos : *Igitur quod aiunt simplicis corporis esse motum simplicem (de circulari in primis verificatur), quamdiu corpus simplex in loco suo naturali ac unitate sua permanserit. In loco siquidem non alius, quam circularis est motus, qui manet in se totus quiescenti similis. Rectus autem supervenit iis, quae a loco suo naturali peregrinantur, vel extruduntur, vel quomodolibet extra ipsum sunt. Nihil autem ordinationi totius et formae mundi tantum repugnat, quantum extra locum suum quidquam esse. Rectus ergo motus non accidit, nisi rebus non recte se habentibus, neque perfectis secundum naturam, dum separantur a suo toto et ejus deserunt unitatem.* (*Ib.*, p. 23.)

Il semble qu'il ne soit pas trop malaisé de se rendre compte comment Copernic fut amené à concevoir ces théories. Le principe du mouvement relatif tel que nous l'avons énoncé est, en soi, une conception passablement paradoxale; non seulement, comme nous l'avons dit, il est impossible d'en tirer une mécanique, mais il est contredit par des faits d'expérience vulgaire, tels que la pierre placée dans une fronde. Sans doute, rien n'indique que Copernic se soit livré à une étude plus approfondie des mouvements des corps terrestres; mais nous savons qu'il a dû se préoccuper, à

certains points de vue, de la question du mouvement centrifuge, notamment quand il lui a fallu expliquer la (prétendue) absence de ce mouvement à la suite de la rotation terrestre (cf. p. 101).

Il a donc fort probablement eu le sentiment que le principe n'était pas entièrement suffisant pour expliquer les phénomènes tels que nous les apercevons sur terre. C'est pourquoi il a fait appel à la distinction entre le mouvement naturel et le mouvement violent établie par Aristote et fermement ancrée dans l'esprit de ses contemporains. Chez Aristote, il est vrai, le mouvement naturel circulaire n'appartient qu'aux corps célestes ; mais comme, chez Copernic, la terre elle-même devient un corps céleste, pareil aux autres planètes, il est tout simple de lui attribuer, ainsi qu'aux objets terrestres qu'elle entraine dans son mouvement et en tant qu'ils y participent, le même privilège. — Aristote supposait aux corps terrestres un mouvement naturel rectiligne, vers le bas (corps lourds) et vers le haut (corps légers). Copernic conserve cette notion, de sorte que les objets terrestres, chez lui, sont doués de mouvements naturels de deux sortes, d'une part circulaires et d'autre part rectilignes (vers le bas et le haut). Mais comme il a sans doute hésité à faire participer le mouvement rectiligne (probablement surtout celui qui s'accomplit en vertu de la pesanteur) au privilège reconnu au mouvement naturel circulaire, il s'est avisé d'une distinction entre eux. Le mouvement circulaire devient, en quelque sorte, le mouvement naturel ou simple par excellence, puisque le corps « persiste dans son lieu naturel et dans son unité » et que le mouvement « reste entièrement en lui-même ». Le mouvement vers le haut et le bas lui est inférieur en ce sens que le corps « a quitté son lieu naturel ou a été poussé dehors ». Copernic savait d'ailleurs que le mouvement des corps qui tombent n'est pas uniforme ; mais cette particularité qui, pour nous, est primordiale au point de vue de la caractéristique du mouvement en question, lui semble secondaire, il ne la mentionne qu'à la suite du passage que nous venons de citer, la distinction entre les mouvements accomplis en leur lieu et en dehors du lieu propre lui apparaissant comme bien plus importante.

Évidemment, tout ce système ne vise que l'astronomie ; c'est qu'en effet, nous l'avons dit, Copernic se préoccupe uniquement de celle-ci, ne traitant des phénomènes terrestres que pour écarter, de son mieux, les objections qu'on en pouvait tirer contre sa théorie. D'ailleurs, à ce point de vue même, le système reste fort imparfait ; c'est ce qu'on voit par les objections des adversaires, qui font valoir sans cesse des arguments tirés du mouvement des corps terrestres, tel que celui d'une pierre tombant du haut d'une tour. Il semble notamment que ce soient en grande partie des arguments de ce genre qui aient empêché Tycho Brahé d'adhérer à la théorie copernicienne, bien qu'il ait admis, par ailleurs, la

commodité de cette conception au point de vue du calcul et qu'il ait décerné de grands éloges à son auteur (ROSENBERGER, *Geschichte*, vol. I, p. 135).

Les idées de Képler en cette matière sont également fort curieuses. Képler avait une vive admiration pour l'auteur de la théorie héliocentrique et, à chaque occasion, se réclamait hautement de lui; mais cela n'a pas empêché qu'il ait profondément modifié un des traits principaux de sa doctrine, en substituant aux cercles des ellipses. Il en a modifié aussi le fondement mécanique.

Il se peut d'ailleurs que ces deux changements soient en étroite corrélation. En effet, la conception du mouvement circulaire naturel était issue des idées sur la vertu particulière de la figure du cercle, considérée comme *simple* et *parfaite*. Or, il était malaisé d'attribuer à l'ellipse les mêmes privilèges, on ne pouvait donc prétendre que les corps s'y mouvaient *naturellement*.

Pour Képler, tout corps a une tendance à demeurer à l'endroit de l'espace où il se trouve, tendance indépendante du mouvement dont il est doué. Les passages où il applique cette théorie aux corps célestes sont extrêmement nombreux. Citons-en quelques-uns particulièrement probants : *Tertius interveniens*, *Opera omnia*, éd. Frisch, Francfort, 1870 (vol. I, p. 590) : « *Für mein Person sage ich, dass die Sternkugeln diesse Art haben, dass sie an einem jeden Ort des Himmels, da sie jedesmal angetroffen werden, stillstehen würden, wann sie nicht getrieben werden solten. Sie werden aber getrieben per speciem immateriatam Solis, in gyrum rapidissime circumactam. Item werden sie getrieben von jhrer selbst eygnen Magnetischen Krafft, durch welche sie einhalb der Sonnen zvschiffen, andertheils von der Sonnen hinweg ziehlen* ». — *Epitome Astronomiæ Copernicanæ*, *ib.* vol. VI, p. 341 : [Globus aliquid cœlestis] *habet tamen ratione suæ materiæ naturalem ἀδυταμιαν transeundi de loco in locum, habet naturalem inertiam seu quietem, qua quiescit in omni loco, ubi solitarius collocatur.* — *Ib. ib.* p. 345 : *Dictum est hactenus, præter hanc vim Solis vectoriam esse etiam naturalem inertiam in planetis ipsis ad motum, qua fit, ut inclinati sint, materiæ ratione, ad manendum loco suo. Pugnant igitur inter se potentia Solis vectoria et impotentia planetæ seu inertia materialis.*

Ainsi donc, l'*inertia*, si elle pouvait prévaloir, ferait cesser le déplacement d'un corps qui se trouve en mouvement et l'amènerait au repos; elle est *repugnans motui* et constitue, comme Képler la définit lui-même avec précision, une *causa privativa motus* (*ib.* p. 174).

Ce qu'il faut encore remarquer particulièrement dans les citations que nous venons de faire, c'est que, chez Képler, cette propriété n'est pas limitée aux corps célestes; au contraire elle ne leur appartient que parce qu'ils sont composés de matière, *materiæ ratione*; en d'autres termes, c'est une propriété générale

de toute matière comme telle. C'est ce qu'il a d'ailleurs clairement formulé dans d'autres passages : vol. VII, p. 746 : *Es hat aber aller koerperliche zeug oder materia aller ding in der gantzen Welt dise art, oder vilmehr diese tode vnart, dass er plump ist vnd vngeschickt, von sich selber auss einem Ort in den andern zu wandern, vnd müssen derhalben von einem Leben, oder sonsten von aussen hero gezogen vnd getrieben werden.* — *Ib.* : *Auf diese Weise sage auch ich, nit nur von dem mittelen, sondern von eim jedem Ort, wann etwas drein gesetzt werde, das da ein toder Körper ist, wann es nit von dannen durch etwas anderes ausserhalb seiner gezogen werde, so koennt es auch von sich selbst nit von dannen kommen, darum dieweil es tod ist oder träg vnd vnartig.*

Dans ces conditions, évidemment, les mouvements persistants des corps célestes ont besoin de causes persistantes, afin de vaincre l'*inertia* qui tend continuellement à les éteindre. En ce qui concerne la révolution, Képler voit cette cause dans un fluide magnétique émané du soleil, ainsi que l'indique le passage que nous avions cité en premier lieu (cf. aussi, entre autres, *ib.* vol. VI, p. 311, 342, 343). Pour la rotation terrestre, il suppose des causes multiples (*ib. ib.* p. 175-177) dont la principale, semble-t-il, consisterait dans une propriété particulière de fibres circulaires disposées autour de l'axe terrestre. Mais il fait valoir aussi l'exemple de la toupie, et les expressions dont il fait usage en cette occasion se rapprochent de celles dont nous nous servons dans des cas de ce genre (comme par exemple : *quantum vero materialem inertiam attinet, subjecti loco sit ad concipiendum impetum continuandamque rotationem*). Toutefois, il convient de rappeler que cette manière particulière de considérer les corps en rotation était courante depuis l'antiquité (p. 98). Cusa était même allé, dans cet ordre d'idées, plus loin que Képler, puisqu'il avait conçu la perpétuité de ce mouvement de rotation par des causes purement mécaniques (p. 100 ss.), alors que, chez Képler, il apparaît comme devant diminuer de lui-même avec le temps (*temporis diuturnitate debilitata paulatim emoriatur*). C'est ce qui fait que cette *species motus* ne peut pas être, dans la terre, tout à fait la même que dans la toupie : *non jam hospes amplius in Terra ut illa in turbine, sed inquilina plane seu materiæ suæ victrix et domitrix existens.*

Notons, cependant, que Képler a tiré de ces considérations une conclusion importante, qui se rattache également, pour nous, au concept de l'inertie. Nous avons vu que Copernic avait cru devoir supposer un mouvement particulier de l'axe terrestre, destiné à lui conserver sa direction dans l'espace. Képler estime que cette supposition est inutile. C'est une correction qu'on attribue ordinairement à Gassendi (cf. par exemple *De revolutionibus*, Thorn, 1873, notes p. 10), mais elle se trouve déjà nettement indiquée dans l'œuvre de jeunesse de Képler, le *Mysterium cosmographicum* (éd. Frisch, vol. I, p. 121) ; *Secundum motum in meram axis quietem*

redegimus, tertius jam ad secundum est reducendus et cum eo in unum conflandus. Képler cherche la cause de cette position parallèle de l'axe terrestre, dans une « inclination naturelle et magnétique de ses fibres au repos », et cette *inclinatio* (comme on le voit par un passage de l'*Epitome*, p. 176) lui apparaissait sous les espèces d'une *forma*, analogue à la propriété des fibres circulaires au mouvement de rotation, dont nous venons de parler plus haut. Cependant il ajoute aussitôt : *vel etiam propter continuitatem diurnæ convolutionis circa hanc axem quæ illum tenet erectum, ut fit in turbine incitato et discursitante.* Dans l'*Epitome astronomiæ copernicanæ*, il emploie même, à propos du maintien de la direction de l'axe terrestre, le terme *inertia*; c'est précisément le passage que nous avons cité plus haut et où celle-ci est définie comme la *privativa causa motus.*

En ce qui concerne les corps qui se trouvent sur terre, Képler, comme son illustre devancier, se sert de l'énoncé implicite que nous avons qualifié de « principe du mouvement relatif », afin d'ébranler le témoignage direct des sens : *Motus enim non est proprium visus objectum, nec habet peculiarem sensum quo percipiatur, sed senso communi dejudiciatur* (vol. VI, p. 181). Il fait valoir également le mouvement du navire et cite à ce propos le même vers de Virgile. Mais, tout comme Copernic, il sent sans doute que cela ne suffit point ; et n'ayant plus à sa disposition la ressource du « mouvement naturel », il imagine une théorie particulière. Si les objets terrestres sont entraînés dans le mouvement du globe, c'est à cause de l'action que la terre exerce sur eux. Cette action n'est pas simplement attractive, ou du moins ne l'est pas uniquement; la terre entraine aussi l'objet dans son mouvement circulaire et Képler semble croire que cet entraînement peut s'expliquer par l'attraction seule : *Cum autem gravia petant Terrae corpus per se petanturque ab illo, fortius itaque movebuntur versus partes viciniores Terrae, quam versus remotiores. Quare transeuntibus illis partibus vicinis perpendiculariter subjectis, gravia inter decidendum versus superficiem transeuntem illam insuper etiam circulariter sequentur, perinde ac si essent alligata loco, cui imminent, per ipsam perpendicularem, adeoque per infinitas circum lineas, seu nervos quosdam obliquos minus illa fortes, qui omnes in sese paulatim contrahi soleant.* Il est évidemment assez difficile de se représenter le mécanisme de cette action et de comprendre comment ces « nerfs obliques » pourraient exercer, sur un corps projeté en l'air, une poussée horizontale, pour le forcer à suivre le mouvement de la terre, alors qu'il aurait dû, en vertu de son *inertia*, rester au moins en retard sur le mouvement terrestre. Il paraît même, à première vue, étrange que Képler ait pu se contenter d'une conception de ce genre. Mais il ne faut pas oublier que celle-ci correspond à sa théorie de la révolution du système solaire : la terre fait tourner les corps voisins, tout comme le soleil, en vertu de sa

rotation, fait mouvoir les planètes. C'est là d'ailleurs évidemment, remarquons-le en passant, la raison pour laquelle Képler hésite à assimiler entièrement la rotation terrestre à celle d'une toupie : c'est que celle-ci aboutit à un effet opposé; au lieu d'entraîner les corps avec elle, elle les rejette. Si l'on veut savoir à quel point la théorie de Képler diffère de la nôtre, non seulement par les causes que l'une et l'autre mettent en jeu, mais par les phénomènes qui doivent en résulter, on n'a qu'à se référer à l'exemple donné par Képler lui-même : celui d'une pierre qui, des profondeurs de l'espace, arriverait sur la terre (Képler, dans ce cas comme dans bien d'autres, s'occupe uniquement de la rotation terrestre, en négligeant la révolution). Le mouvement supposé est bien étrange à notre point de vue actuel : la pierre qui tend d'abord en ligne droite vers le centre de la terre, subit en s'approchant une déviation de plus en plus grande, dans le sens de la rotation, jusqu'à ce que, à un moment donné, elle soit entraînée complètement dans celle-ci et finisse par tomber verticalement sur un point de la surface terrestre (cf. la figure, *ib.* p. 182).

Involontairement, devant ces conceptions, on se dit qu'il était grand temps que Galilée et Descartes vinssent tirer d'embarras les Coperniciens. On sent grandir son admiration pour les auteurs de la théorie héliocentrique qui surent, à travers ces ténèbres, distinguer la vérité, et pour leurs adhérents sur l'esprit de qui des arguments principalement astronomiques, c'est-à-dire en somme basés sur des considérations de simplicité, eurent assez de pouvoir pour leur faire négliger de graves difficultés physiques. Mais on juge peut-être aussi avec un peu plus d'indulgence l'attitude de ceux qui ne se sentirent point le courage d'adopter ces nouveautés.

Constatons d'ailleurs que Képler ne paraît avoir aucunement subi l'influence de Galilée, ce qui est assez étrange si l'on rapproche les dates.

L'Epitome astronomiae copernicanae, auquel appartiennent nos citations, est de 1618. Galilée semble avoir conçu la décomposition du mouvement du jet horizontal dès 1610 : la théorie s'en trouve indiquée, au moins partiellement, dans le traité portant le titre *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*, publié en 1613, et d'autres communications paraissent, vers cette époque ou peu après, avoir circulé parmi les savants (cf. Wohlwill, *l. c.* XV, p. 267). Or Képler a certainement suivi avec beaucoup d'attention les travaux et découvertes de Galilée. Dès 1597, il était entré en correspondance avec lui (éd. Frisch, vol. I, p. 40-41) et il nous reste cinq lettres de Képler datant des années 1610 et 1611, ainsi que les réponses de Galilée (*ib.* vol. II, p. 454 ss.). Se peut-il qu'il ait ignoré que ce dernier, dans le traité que nous avons mentionné, avait nettement exposé qu'un corps conserverait

indéfiniment son mouvement dans une direction quelconque, sur une surface sphérique, concentrique à la terre? (Galilée. *Opere*. Florence 1842, vol. III, p. 418).

Evidemment, il eût suffi que Képler adoptât ces vues, pour n'avoir plus besoin des étranges théories de l'*Epitome*. Faut-il donc supposer que ces dernières avaient acquis sur son esprit une puissance telle qu'il était devenu inaccessible à des considérations qui nous paraissent, actuellement, d'une évidence si manifeste? Ce qui est certain, c'est que, même dans l'œuvre de Képler postérieur à l'*Epitome*, rien ne permet de conclure qu'il ait, à un moment donné, changé d'opinions en ce qui concerne les phénomènes du mouvement. Il est vrai que la dernière partie de sa vie fut plus particulièrement troublée par des circonstances extérieures ; il est mort en 1630, c'est-à-dire avant la publication des *Discorsi* de Galilée.

Auguste Comte désignait habituellement le principe d'inertie comme la « loi de Képler » (cf. par exemple *Cours*, vol. VI, p. 682) et cette attribution n'a pas encore complètement disparu de l'histoire de la physique. L'erreur, semble-t-il, a été due en grande partie à ce que les termes dont s'est servi Képler (*inertia*, *Traegheit* en allemand) sont restés dans la science. Mais cette *inertia* qui est la propriété de la matière de demeurer dans l'endroit où elle se trouve, une tendance au repos, ayant besoin, pour être vaincue, de forces toujours renouvelées, était une conception fort différente de nos idées actuelles.

Ce qui a sans doute favorisé la confusion, c'est que Leibniz a déclaré, à plusieurs reprises, que le concept d'inertie était dû à Képler et que Descartes l'avait emprunté à ce dernier. Leibniz ayant certainement eu une notion très nette de ce que nous appelons actuellement le principe d'inertie, il semblait logique d'en conclure qu'il l'avait retrouvé dans les écrits de Képler. Mais en réalité il voulait dire tout autre chose. Cela appert du plus explicite des passages où il soit question de cette attribution : *Duae insunt Resistentiae sive Massae : primum Antitypia ut vocant seu impenetrabilitas, deinde resistentia seu quod Keplerus vocat corporum inertiam naturalem, quam et Cartesius in Epistolis alicubi ex eo agnovit, ut scilicet novum motum non nisi per vim recipiant corpora adeoque imprimenti resistant et vim ejus infringant. Quod non fieret, si in corpore praeter extensionem non inesset* τὸ δυναμικὸν *seu principium legum motus quo fit ut virium quantitas augeri non possit neque adeo corpus ab alio nisi refracta ejus vi queat impelli.* (*Supplément à la lettre à Fabri. Mathematische Schriften*, éd. Gerhardt, vol. VI, p. 100).

Ainsi, ce que Leibniz entend attribuer à Képler, c'est la notion de l'inertie en tant que synonyme de *masse*. Cette affirmation est certainement en grande partie justifiée. Képler a fréquemment exposé que par suite de son *inertia* la matière résistait à la force

(*virtus*) qui tentait de la déplacer et que le mouvement qui en résultait devait se régler selon la proportion entre cette inertie et la force motrice. C'était attribuer à la matière, comme nous le dirions aujourd'hui, un coefficient numérique, ce qui est bien la partie essentielle de notre notion de masse. Képler a même reconnu que le concept ainsi créé avait des analogies avec celui de poids, tout en ne se confondant pas avec lui : *quae sit ei velut pondus*, dit-il, en parlant de la nécessité d'attribuer de l'*inertia* à un corps céleste (*l. c.* vol. VI, p. 342). Encore actuellement nous nous servons quelquefois du terme d'inertie dans le sens de Leibniz. Ainsi, quand on parle d'expliquer l'inertie des corps par les théories électriques, on pense surtout à leur masse. Il est certain cependant qu'on peut disjoindre les deux idées. Quand nous énonçons le *principe d'inertie*, nous ne nous occupons pas de la mise en mouvement du corps ni du coefficient numérique qu'il manifeste à cette occasion, nous le supposons déjà dans un certain état et nous stipulons la persistance de ce dernier. Mais les deux idées sont cependant connexes et c'est ce qui fait que l'on ne saurait entièrement attribuer le concept de masse à Képler. Descartes a pu s'inspirer de lui, mais il en a mieux saisi le contenu, parce qu'il l'a relié au principe d'inertie. — Képler ayant cru, comme Aristote, qu'un corps non soumis à l'action d'une force devait rester au repos (absolu), on pourrait considérer son concept de l'*inertia* comme étant celui de masse conforme aux idées péripatéticiennes ; mais ce serait, croyons-nous, faire fausse route. Képler se distinguait d'Aristote en ce qu'il ne supposait pas, comme ce dernier, que le mouvement, pour se continuer, avait besoin de la « réaction environnante » ; au contraire, ses idées à ce sujet étaient celles d'Hipparque et de Benedetti (cf. vol. VI, p. 176) et son concept de masse résultait par conséquent plutôt de la notion de la *vis impressa*.

IV

LE πάντα ῥεῖ D'HÉRACLITE

Héraclite était déjà dans l'antiquité grecque qualifié d'*obscur* ; il ne faut donc pas s'étonner de voir les modernes discuter sur le véritable sens de sa doctrine. Mais il nous semble bien qu'en fin de compte Schuster (*Heraklit von Ephesus*, Acta soc. philologae Lipsiensis, vol. III, Leipzig 1873, p. 8) ait raison et que l'on se soit exagéré la portée de ces passages sur le πάντα ῥεῖ. La conception selon laquelle Héraclite aurait considéré que seul un *ordre* des choses demeurait, ordre qu'il aurait symbolisé par le feu, a été mise en avant pour la première fois, semble-t-il, par Ferdinand

Lassalle. Zeller semble la rejeter (*Philosophie des Grecs*, trad. Boutroux, Paris 1877, p. 120); pourtant, dans de nombreux passages il s'en rapproche tellement (cf. par exemple p. 121, 136, 145, 188-189) qu'on n'aperçoit plus bien la différence. Aussi cette manière de comprendre la doctrine d'Héraclite est-elle devenue pour ainsi dire courante. Il nous semble au contraire évident, par les très nombreux passages où Aristote compte Héraclite parmi ceux qui déduisaient la réalité entière d'une substance unique, substance conçue évidemment comme matérielle (cf. par exemple *Traité du Ciel*, l. III, cap. i, § 3, *Métaphysique*, l. I, cap. iii, §§ 7, 9, 10, 11, 18, 22, cap. v, § 18, cap. vii, §§ 1, 6, cf aussi à ce sujet : Tannery. *Pour l'histoire de la science hellène*, p. 193 ss. fragm. 26, 28, 31, 46, 49 équivalents à Schuster 12, 47, 44, 59, 57 et à Diels, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Berlin 1903, p. 66 ss., fragm. 7, 31, — 88, 90) qu'Héraclite supposait au moins la persistance de quelque chose, un substrat, un support, comme celui qu'il attribuait au soleil se renouvelant tous les jours (Zeller, *l. c.* p. 147 note). C'est ainsi, semble-t-il, que la doctrine fut comprise dans l'antiquité, témoin Lucrèce qui, tout en l'estimant *folle* (*perdelirum*), la résume et la discute cependant assez longuement (l. I, v. 646-693). Lucrèce, on n'en saurait douter, concevait le feu d'Héraclite comme matériel. — Les passages comme ceux du *Cratyle* de Platon (*Dialogi*, éd. Wohlrab, Leipzig 1887, vol. I, p. 204) que nous avons cités dans le texte, ne contredisent pas nécessairement cette manière de voir. Il faut les comprendre comme l'affirmation que rien ne persiste tel qu'il est, c'est-à-dire que le feu, substrat et substance éternelle, porte en lui-même le principe de son changement. Ce serait donc quelque chose comme l'énergie de M. Ostwald, à la fois « la plus générale des substances et le plus général des accidents » (cf p. 323). — Il est à remarquer qu'Aristote affirme qu'Héraclite « suppose que tous les objets sensibles sont dans un perpétuel écoulement et qu'il n'y a pas de science possible pour des choses ainsi faites » (*Métaph.*, II, cap. vi, § 1). Il se peut qu'ici le terme *science* soit pris dans son sens étroit de *science de la cause, du persistant*. Cependant, le fait qu'immédiatement après Héraclite sa doctrine ait tourné à une sorte de scepticisme absolu (Cratyle blâmant son maître d'avoir dit qu'on n'entrait pas deux fois dans un fleuve ; d'après lui on n'y entrait même pas une fois), semble démontrer qu'en dépit de l'énoncé fréquemment cité sur le monde qui « n'a été fait par aucun des dieux ni par aucun des hommes : il a toujours été et sera toujours feu éternellement vivant s'allumant par mesure et s'éteignant par mesure » (Tannery, fragm. 27, Schuster, fragm. 46, Diels, fragm. 30). Héraclite a bien moins insisté sur l'ordre universel qu'on ne le suppose d'habitude. — On peut d'ailleurs rapprocher, de la doctrine de Cratyle, certains énoncés d'Héraclite lui-même, tels que celui rap-

porté par ARISTOTE, *Métaph.*, l. IV, cap. III, § 10 : « Une chose peut à la fois être et ne pas être ».

Sur la doctrine de l'éternel retour chez Héraclite, cf. TANNERY, fragm. 44, 46, 49, 59, 86-87 équivalents à SCHUSTER, 49, 59, 57, 89, 67 et à DIELS, 32, 88, 90, 46, 67. A remarquer le fragm. TANNERY, 91 (SCHUSTER, 88, DIELS, 59-60) : « Le chemin droit et contourné est un et le même, le chemin en haut et en bas est un et le même » (Schuster traduit : « le chemin vers le haut et vers le bas... ») qui semble démontrer qu'Héraclite n'avait pas le sentiment très net de l'irréversibilité du phénomène particulier.

Sur la « grande année » d'Héraclite cf. SCHUSTER, *l. c.*, p. 375, ZELLER, *l. c.*, p. 164.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS I

CHAPITRE PREMIER. — **La loi et la cause.**

La légalité. La limite tracée par Comte. La prévision nécessaire. Autre limite tracée par Comte. L'économie d'effort. Le libre-arbitre. La causalité. La loi, construction idéale. La loi et le temps. L'espace. La causalité et le temps. Les propriétés. La source du postulat causal. L'origine de la confusion. La causalité théologique. La recherche de l'explication. L'hypothèse assimilée à la loi. La pratique des savants. 1

CHAPITRE II. — **Le mécanisme.**

Les difficultés. Les hypothèses corpusculaires. Le choc élastique. L'atome rigide. Le contact réel. Le dynamisme. L'action à distance. La résistance des physiciens. L'acquiescement des philosophes. Le saut à travers l'espace et le temps. L'évolution de l'action à distance. Historique du mécanisme. Sa pérennité. Sa renaissance actuelle. L'explication mécanique nous satisfait. Mécanisme et postulat causal. La force explicative des théories. La théorie électrique de la matière. La causalité, tendance invincible. . 47

CHAPITRE III. — **Le principe d'inertie.**

Historique. L'énoncé et la démonstration de d'Alembert. L'affirmation d'Aristote. L'introduction d'une constante. La relativité de l'espace. Newton et le mouvement absolu. Les systèmes relativistes. Le système de Neumann. Le déplacement dans l'éther. Mouvement et changement. Le principe n'est pas apriorique. La démonstration expérimentale. La démonstration de Galilée. Descartes. Le vrai fondement du principe 95

Chapitre IV. — **La conservation de la matière.**

Formule. Historique. La démonstration expérimentale. La déduction apriorique. Le poids et la masse. Le principe est *plausible* 136

Chapitre V. — **La conservation de l'énergie.**

Formule. Historique. La démonstration expérimentale. La déduction apriorique. La démonstration par les forces centrales. L'impossibilité du mouvement perpétuel. La portée de la démonstration de Stévin. L'énergie n'est pas une substance. L'énoncé de M. Poincaré. 169

Chapitre VI. — **L'élimination du temps.**

La mécanique rationnelle. La recherche de la substance. L'équation chimique. L'énoncé de Poinsot. Le déplacement. Le mouvement est inconcevable. La sphère de Parménide 194

Chapitre VII. — **L'unité de la matière.**

Le concept d'élément. L'inaltérabilité des substances. Les théories de Prout et de Mendeléef. Le « postulat secret » de l'atomisme. L'unité et la causalité. La raison de l'être. La qualité occulte. La réduction à l'éther. La réduction à l'espace. Le néant. La réalité résiste. 213

Chapitre VIII. — **Le principe de Carnot.**

Historique. Formule. C'est une vérité de fait. La tendance vers un état futur. Apparition tardive du principe. Sa place dans la science contemporaine. L'hypothèse de Rankine. Les changements cycliques. L'explication par l'immense. Les explications par le mécanisme. Le malaisé de l'explication mécanique. L'illusion d'identité. Le phénomène est changement. Le principe de Carnot et le concept du temps. L'identité *supposée*. 236

Chapitre IX. — **L'irrationnel.**

L'énergie spécifique des organes sensoriels. Les protestations des philosophes. Le postulat fondamental du mécanisme. L'action et l'identité. L'occasionnalisme. La sensation tactile. L'irrationnel unique. La causalité efficiente. La finalité. Le principe d'évolution. Le recul de la finalité. La finalité est anthropocentrique. La finalité et l'irrationnel . 264

CHAPITRE X. — **Les théories non mécaniques.**

La substance et l'accident. Aristote et ses sectateurs. Les alchimistes. Le système de Bérigard. Les phlogisticiens. L'opposition à la doctrine de Lavoisier. Les propriétés et la formule. La science qualitative. Le concept de quantité. L'avantage des théories qualitatives. Leur inconvénient. La théorie de M. Ostwald 296

CHAPITRE XI. — **Le sens commun.**

Perception et mémoire. L'existence des objets. Leur permanence. Sens commun et identité. La dissolution du sens commun. La science part du sens commun. Le physicien et le concept de chose. La science et la sensation. Le besoin métaphysique. La continuité de la science et du sens commun. La distinction. 328

CHAPITRE XII. — **Conclusions.**

L'hypothèse, instrument de travail. La prescience de l'humanité. L'accord entre l'esprit et les phénomènes. L'échec de l'effort déductif. L'accord partiel. Les principes de conservation. Les erreurs causales. Les méthodes de la science. Le terme de la réduction est irrationnel. Le mécanisme, principe directeur. La simplicité. Le raisonnement analogique. Les systèmes métaphysiques. L'évolution du sens commun. L'autorité des principes de conservation. Les rapports entre la légalité et la causalité. Les raisonnements de Lucrèce et de Newton. La théorie chimique. La qualité, conséquence du groupement. La légalité et les principes de conservation. La légalité déduite de la causalité . . . 353

APPENDICES

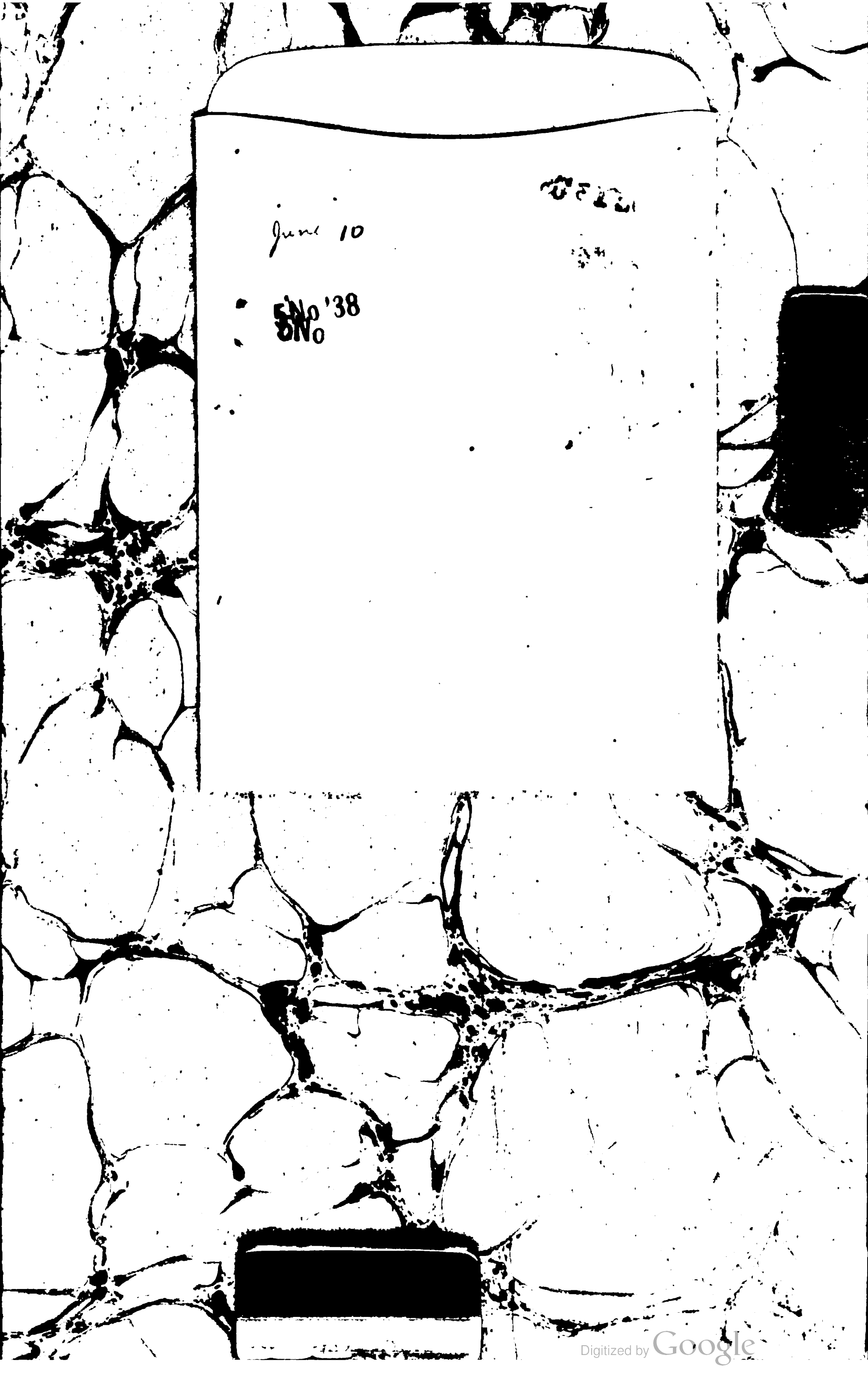
I. LEIBNIZ, NEWTON ET L'ACTION A DISTANCE. 404
II. LES PASSAGES DE PLUTARQUE ET DE SIMPLICIUS. 415
III. LES COPERNICIENS ET LE PRINCIPE D'INERTIE. 416
IV. LE πάντα ῥεῖ D'HÉRACLITE 426

ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY ET FILS

ERRATA

Page 17, ligne 8, *au lieu de :* passant, *lisez :* posant.
Page 19, dernière ligne, *au lieu de :* 2904, *lisez :* 290.
Page 31, ligne 31, *au lieu de :* besoin selon », *lisez :* besoin », selon.
Page 48, ligne 3, *au lieu de :* vivante : *lisez :* vivante,
Page 56, ligne 5, *lisez :* ne les dote.
Page 68, ligne 24, *lisez :* une vitesse 100 millions ou au moins 50 millions.
Page 82, ligne 24, *lisez :* Causalitaetsbeduerfniss.
Page 98, ligne 11, *au lieu de :* en langue moderne, *lisez :* en langage moderne.
Page 98, ligne 26, *lisez :* ἐνδοθεῖσα.
Page 127, ligne 40, *au lieu de :* un état, *lisez :* en état.
Page 160, ligne 43, *au lieu de :* Werkle, *lisez :* Werke.
Page 185, ligne 39, *au lieu de :* æstimationes, *lisez :* æstimatione.
Page 186, ligne 27, *au lieu de :* 18424, *lisez :* 1824.
Page 210, ligne 8, *au lieu de :* est, à un, *lisez :* est à un.
Page 227, ligne 14, *lisez :* impénétrabilité.
Page 229, titre, *au lieu de :* La réduction de l'éther, *lisez :* La réduction à l'éther.
Page 266, ligne 31, *au lieu de :* objectives, *lisez :* subjectives.
Page 275, dernière ligne, *lisez :* Grundzuege.
Page 276, dernière ligne, *id.*
Page 278, dernière ligne, *lisez :* Erkenntnisstheorie.
Page 302, ligne 38, *au lieu de :* le fer, *lisez :* le feu.
Page 305, ligne 38, *au lieu de :* Alchimie, *lisez :* *Alchemie.*
Page 310, ligne 32, *au lieu de :* empirique, *lisez :* purement empirique.
Page 361, ligne 13, *au lieu de :* les physiciens, *lisez :* physiciens.
Page 384, ligne 27, *au lieu de :* esprit, sommes-nous, *lisez :* esprit. Sommes-nous.
Page 397, ligne 16, *au lieu de :* à un groupe, *lisez :* *d'un groupe.*
Page 416, ligne 19, *lisez :* ῥοπή.


89094579232
b89094579232a


June 10
5No '38
Digitized by Google

